

**VARIADORES DE VELOCIDAD AC Y DC (CONSTITUCIÓN,
ESTRUCTURA E INSTALACIÓN)**

**FABIAN ALBERTO GARCÍA QUINTERO
EVARISTO GARCÍA GARCÍA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
1999**

**VARIADORES DE VELOCIDAD AC Y DC (CONSTITUCIÓN,
ESTRUCTURA E INSTALACIÓN)**

**FABIAN ALBERTO GARCÍA QUINTERO
EVARISTO GARCÍA GARCÍA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Electricista**

Director

**ENRIQUE CIRO QUISPE OQUEÑA
Ingeniero Electricista. MsC**

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

SANTIAGO DE CALI

1999

NOTA DE ACEPTACIÓN

**Aprobada por el comité de grado
En cumplimiento de requisitos
exigidos por la Corporación
Universitaria Autónoma de
Occidente para optar al título de
Ingeniero Electricista.**

PRESIDENTE DEL JURADO

HEBERT GONZALEZ OREJUELA

JURADO

ROSAURA CASTRILLON M.

JURADO

Santiago de Cali, julio - 2000

AGRADECIMIENTOS

Los autores del siguiente proyecto agradecen:

De manera muy especial, agradecemos a los Ingenieros ENRIQUE CIRO QUISPE, HERNANDO VASQUEZ PALACIOS y HEBERTH GONZALEZ OSORIO por sus asesorías y conocimientos que ayudaron a la culminación exitosa de éste proyecto.

Al Ingeniero MAURO RESTREPO por la donación de un equipo, que fue utilizado como ayuda didáctica por los autores de este proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma aportaron su valiosa colaboración.

DEDICATORIA

A Dios por mi vida y mi ser.

Esta tesis de grado está dedicada primordialmente a mi querida madre, la Sra. ADALY QUINTERO QUINTERO, con todo mi amor, por su apoyo incondicional y permanente ternura y comprensión.

A mi padre CARLOS ALBERTO GARCÍA, por su apoyo económico y moral.

A mi hermano CARLOS DAVID GARCÍA Q., por su apoyo moral .

A mi difunta hermana ANA ISMELDA GARCÍA Q., por que te extraño y por que este logro que obtengo es gracias a tus constantes consejos.

A las personas que de una u otra forma ayudaron para hacer que este proyecto sea un hecho

Fabian Alberto García Quintero

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo con mucho sentimiento y gratitud para quienes aportaron su confianza y credibilidad a la realización y culminación exitosa de este proyecto.

A mi madre MARÍA PERSIDES GARCÍA DE GARCÍA, por ser la luz que me ha guiado en este largo camino, con sus consejos y a no desfallecer en los momentos más difíciles de la vida.

A mi padre RAMIRO GARCÍA NUÑEZ, por su espíritu de lucha y sabios consejos para superar las dificultades y obstáculos de la vida.

A todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron en la culminación de este trabajo.

Evaristo García García

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN	1
0.1 OBJETIVOS	3
0.1.1 Objetivos Generales	3
0.1.2 Objetivos Específicos	3
1. EVOLUCIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE MOTORES DE C.C.	5
1.1 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE MOTORES DE C.C.	5
1.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE C.C. CON RECTIFICACIÓN ELÉCTRICA	28
2. ESTRUCTURA DE LOS VARIADORES ELECTRONICOS DE C.C	33
2.1 VARIADORES ELECTRONICOS NO REVERSIBLES	34
2.1.1 Montajes Alimentados con Tensión Monofásica	35
2.1.2 Montajes de Media y Baja Potencia Alimentados con Tensión Trifásica	36
2.1.3 Montajes de Gran Potencia Alimentados con Tensión Trifásica	36
2.2 VARIADORES ELECTRONICOS REVERSIBLES	40

2.2.1	Observaciones Previas	40
2.2.2	Montaje con Inversión de la Corriente del Inductor	44
2.2.3	Montaje con Inversión de la Corriente del Inducido	45
2.2.4	Montaje Reversible "Antiparalelo"	46
2.2.5	Montaje con Corriente de Circulación	48
2.2.6	Montajes sin Corriente de Circulación	49
2.3	LA REGULACIÓN	51
2.3.1	Funciones de un regulador	53
2.3.2	Principios de Regulación	54
2.4	PROTECCIÓN DE LOS CONVERTIDORES	
	ALTERNA-CONTINUA	60
2.4.1	Fallos Posibles	60
2.4.2	Medios de Protección	65
3.	ESTUDIO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD	
	PARAMOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	
	RECTIVAR 4 SERIE 44	71
3.1	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN NOMINAL	71
3.2	CONSTITUCIÓN	72
3.2.1	Carta de Control	72
3.2.2	Tablero de Potencia	73
3.2.3	Principio de Variación de Velocidad de Corriente	
	Continua RTV44	74
3.3	Puente de Potencia (Estructura)	82

3.4	MODULO DE DISPARO	93
3.5	MODULO DE REGULACIÓN	94
3.6	PROTECCIÓN CONTRA SOBRE TENSIONES	95
3.6.1	Principales Causas de Sobretensiones	95
3.6.2	Organos de Protección	97
3.6.3	Control de la Corriente de Campo	101
4.	ESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE LOS ACCIONAMIENTOS DE FRECUENCIA VARIABLE PARA MOTORES DE C.A.	102
4.1	CONTROL DE VELOCIDAD MEDIANTE LA VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA Y LA TENSIÓN APLICADAS A UN ESTATOR POLIFÁSICO	102
4.1.1	El Ciclo Convertidor	104
4.1.2	El Inversor	106
4.2	TIPOS DE CONVERTIDOR PARA ALIMENTAR MOTORES DE ALTERNA	113
4.2.1	CONVERTIDORES TRABAJANDO COMO FUENTE DE TENSIÓN	117
4.2.2	CONVERTIDORES TRABAJANDO COMO FUENTE DE CORRIENTE	117
4.3	INVERSOR CON ATAQUE POR TENSIÓN POR ONDA CUADRADA	118
4.3.1	Estructura	118
4.3.2	Formas de Actuación del Inversor	120

4.3.3	Capacidad de Frenado	126
4.4	INVERSOR CON ATAQUE POR CORRIENTE Y ONDA CUADRADA	127
4.4.1	Estructura	127
4.4.2	Forma de Actuación del Inversor	129
4.5	INVERSOR CON ATAQUE POR TENSIÓN Y SALIDA EN PWM	132
4.5.1	Estructura	132
4.5.2	Formas de Actuación del Convertidor	133
4.5.3	Comportamiento como Fuente de Tensión de Salida Mediante PWM	134
4.5.4	Comportamiento como Fuente de Corriente. Control de La Tensión de Salida en Bang-Bang	139
4.5.5	Notas Sobre las Tablas	145
4.6	REGULACIÓN DE LOS ACCIONAMIENTOS A VELOCIDAD VARIABLE CON MOTOR DE A.C.	146
4.6.1	Cascada Hiposincrónica	148
4.6.2	Motor de Inducción a Frecuencia Variable	149
4.7	MOTOR SÍNCRONO AUTOPILOTADO	159
4.7.1	Control del Rectificador	159
4.7.2	Bucle de Regulación de Intensidad	159
4.7.3	Control del Ondulador	160
4.7.4	Bucle de Regulación del Flujo Inductor	161

4.8	REGULACIONES NUMÉRICAS	161
5.	ESTUDIO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	
	MICROMASTER	163
5.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO MICROMASTER	163
5.2	CARACTERÍSTICAS DEL MICROMASTER	165
5.2.1	Unidad de Rectificación	166
5.2.2	Inversor	168
5.3	CHOPPER PULSADOR	171
5.3.1	Principio de la Operación Reductora. Chopper (Pulsador)	
	Reductor	172
5.3.2	Reguladores (Chopper) en Modo de Conmutación	173
5.3.3	Reguladores Reductores	175
5.4	INVERSOR CON ATAQUE POR TENSIÓN Y SALIDA	
	EN PWM	178
5.4.1	Estructura	178
5.4.2	Formas de Actuación del Convertidor	179
5.4.3	Comportamiento como Fuente de Tensión-Control de la	
	Tensión de Salida Mediante PWM	180
5.5	CAPACIDAD DE FRENADO	184
5.6	CONJUNTO CONVERTIDOR-MOTOR	
	(FUENTE DE TENSIÓN)	184

6	LABORATORIOS DE CONVERTIDORES Y DRIVES PARA LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD EN LOS MOTORES DE A. C Y D. C MICROMASTER (SIEMENS) RECTIVAR 4 SERIE 44 (TELEMECANIQUE)	185
6.1	LABORATORIO No.1.	186
6.1.1	Montaje de Un Variador de Velocidad Micromaster	186
6.1.2	Objetivos	186
6.1.3	Precaución	186
6.1.4	Instrucciones de Cableado Para Minimizar los Efectos de las Interferencias Electromagneticas	187
6.2	INSTALACIÓN ELECTRICA MIROMASTER	190
6.2.1	Conexiones de Alimentación y del Motor	191
6.2.2	Conexiones de Mando	193
6.2.3	Preguntas	195
6.3	LABORATORIO No. 2	196
6.3.1	Puesta en Función del Convertidor y Variación de velocidad A. C	196
6.3.2	Objetivos	196
6.3.3	Precaución	196
6.4	INSTRUCCIONES DE MANEJO	202
6.4.1	Generalidades	202
6.4.2	Puesta en Funcionamiento Basica	204
6.4.3	Funcionamiento Mando digital	205

6.4.4	Funcionamiento Mando Analógico	206
6.4.5	Parada del Motor	207
6.4.6	Equipo a Utilizar	208
6.4.7	Preguntas	209
6.5	LABORATORIO No. 3	210
6.5.1	Montaje del Variador de Velocidad D.C. (Rectivar 4 Serie 44)	210
6.5.2	Objetivos	210
6.5.3	Introducción Teórica	211
6.5.4	Material y Equipo	212
6.5.5	Procedimiento	213
6.5.6	Preguntas	214
6.6	LABORATORIO No 4	215
6.6.1	Montaje e instalación del Variador de velocidad D.C.	214
6.6.2	Objetivos	214
6.6.3	Introducción teórica	215
6.6.4	Material y Equipo	220
6.6.5	Procedimiento	221
6.6.6	Preguntas	224
7	OBSERVACIONES CONJUNTO- CONVERTIDOR MOTOR	
	A.C, D.C	225
7.1	ANALISIS GRAFICO RTV 44 OBTENIDO EN EL	
	OSCILOSCOPIO PARA EL VOLTAJE DE ARMADURA	
	EN EL MOTOR D.C	226

7.2	ANALISIS GRAFICO OBTENIDO EN EL	
	OSCILOSCOPIO PARA UN RECTIFICADOR DE	
	ONDA COMPLETA RTV 44	227
7.3	ONDAS DE SALIDA DEL VARIADOR MCM, Y	
	ENTRADA AL MOTOR	228
7.4	AMPLIACIÓN DE LA ONDA A LA SALIDA DEL DRIVE	229
7.5	FORMAS DE ONDA DE LAS RADIOFRACUENCIAS	
	DADAS POR LOS DRIVES	230
	CONCLUSIONES	231
	BIBLIOGRAFIA	235
	ANEXOS	237

LISTADO DE FIGURAS

		Pag
FIGURA No. 1	RECTIFICADOR DE SILICIO CONTROLADO (SCR)	
	(a) ASPECTO TIPICO	6
	(b) TRANSISTOR EQUIVALENTE DE TRES UNIONES	7
FIGURA No. 2	POSIBILIDADES DE CONMUTACIÓN DEL SCR	
	(a) INTERRUPTOR DE SUJECCIÓN SCR	10
	(b) ANULADO DEL CONDENSADOR DE SHUNTADO	11
	(c) INTERRUPTOR DE MEDIA ONDA	11
	(d) CONTROL DE DESFASE	11
	(e) INTERRUPTOR DE POTENCIA DPST (flip-flop de potencia)	12
FIGURA No. 3	CONTROL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCRS	16
	(a) CONTROL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EN PUENTE DE ONDA COMPLETA	16
	(b) CONTROL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL	

	DEL TIPO EN PUENTE	16
	(c) CONTROL DE LA TENSIÓN UNIDIRECCIONAL	
	DE ONDA COMPLETA TRIFASICO	17
FIGURA No. 4	INVERSIÓN Y CONTROL DE LA TENSIÓN DE	
	INDUCIDO EMPLEANDO SCR (rectificación	
	de ondaCompleta)	20
	(a) INVERSIÓN MEDIANTE CONMUTACIÓN DEL	
	PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	20
	(b) INVERSIÓN MEDIANTE CONMUTACIÓN	
	POR RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA	
	CON CONTROL DE TENSIÓN DE INDUCIDO	21
FIGURA No. 5	INVERSIÓN Y TENSIÓN DE INDUCIDO	
	EMPLEANDO PARES DE RECTIFICADORES DE	
	ONDA COMPLETA	
	(a) INVERSIÓN Y CONTROL DE LA	
	TENSIÓN DEONDACompleta	
	EMPLEANDO UN MOTOR DE SERIE DE	
	C.C. DE EXCITACIÓN PARTIDA	22
	(b) INVERSIÓN DE CONTROL DE LA TENSIÓN DE	
	ONDA COMPLETA DE CUALQUIER MOTOR	
	DE C.C.	23
FIGURA No. 6	CONTROL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO	

	BIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCRS A PARTIR DE UNAFUENTE TRIFASICA	24
FIGURA No. 7	COMPARACIONES ENTRE LAS CONDUCCIONES DE MOTOR DE C.C. ROTATIVAS Y DE ESTADO SÓLIDO	28
FIGURA No. 8	CONTROL BIDIRECCIONAL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO EMPLEANDO UN PUENTE DE SEMIONDA TRIFASICO Y BOBINA DE REACTANCIA EN SERIE	31
FIGURA No. 9	BUCLE DE INTENSIDAD	34
FIGURA No. 10a	PUENTE COMPLETO CON 4 TIRISTORES	37
FIGURA No. 10b	PUENTE MIXTO CON 2 TIRISTORES Y 2 DIODOS	38
FIGURA No. 10c	PUENTE COMPLETO CON 6 TIRISTORES	38
FIGURA No. 10d	PUENTE MIXTO CON 3 TIRISTORES Y 3 DIODOS	39
FIGURA No. 10e	MONTAJE ELEVADOR REDUCTOR	39
FIGURA No. 10f	MONTAJE CON DOBLE PUENTE MIXTO	40
FIGURA No. 11	FUNCIONAMIENTO DE UN VARIADOR EN LOS CUATRO CUADRANTES	42
FIGURA No. 12	MONTAJE CON INVERSIÓN DEL PAR (inductor) CUATRO CUADRANTES	44
FIGURA No. 13	MONTAJE CON INVERSIÓN DEL PAR	

	(inducido)	45
FIGURA No. 14a	MONTAJE REVERSIBLE (antiparalelo)	46
FIGURA No. 14b	MONTAJE REVERSIBLE (antiparalelo)	47
FIGURA No. 15	FUNCIÓN (antiparalelo)	48
FIGURA No. 16	CORRIENTE DE CIRCULACIÓN	49
FIGURA No. 17	ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL CONTROL Y FORMA DEL TREN DE IMPULSO	52
FIGURA No. 18	REGULACIÓN CONVERGENTE	54
FIGURA No. 19	REGULACIÓN EN CASCADA	56
FIGURA No. 20	REGULACIÓN PARALELA	58
FIGURA No. 21	MONTAJE UNIDIRECCIONAL	63
FIGURA No. 22	MONTAJE REVERSIBLE	64
FIGURA No. 23	FALLO EN TENSIÓN INVERSA EN UN TIRISTOR DE UN BRAZO DE PUENTE CON n TIRISTORES EN PARALELO	68
FIGURA No. 24	CIRCUITO BASICO (y magnitudes implicadas) DE UN MOTOR DE CORRIENTECONTINUA	74
FIGURA No. 25	(a)RELACIONES GRAFICAS ENTRE VELOCIDAD ANGULAR Y TENSIÓN DEL INDUCIDO	75
	(b) FLUJO Y CORRIENTE DE CAMPO	75
	(c) VELOCIDAD ANGULAR Y CORRIENTE DE CAMPO	76

FIGURA No. 26	RELACIONES ENTRE PAR MOTOR, POTENCIA Y VELOCIDAD ANGULAR	76
FIGURA No. 27	FRENADO REGENERATIVO	76
FIGURA No. 28	INVERSIÓN	
	(a) POR LA CORRIENTE DE INDUCIDO	77
	(b) POR EL CAMPO ELECTRICO	77
FIGURA No. 29	FUNCIONAMIENTO DE UN ACCIONAMIENTO EN LOS CUATRO CUADRANTES	78
FIGURA No. 30	COMBINACION DE MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA Y CONVERTOR PARA ESCALAS DE VELOCIDAD PARA MOTORES DIFERENTES	78
FIGURA No. 31	CONTROL DE VELOCIDAD CON TACOGENERADOR	79
FIGURA No. 32	TENSION DE INDUCIDO	
	(a) CONEXIÓN SERIE PARA 6 IMPULSOS	81
	(b) CONEXIÓN SERIE PARA 12 IMPULSOS	81
FIGURA No. 33	MONTAJE EN PUENTE DE GRAETZ MONOFÁSICO	82
FIGURA No. 34	CONEXIÓN DE 2 PUENTES MONOFASICOS ANTIPARALELO PARA PODER CONTROLAR LAS CORRIENTES Y LAS TENSIONES EN AMBOS SENTIDOS Y PODER TRABAJAR EN LOS CUATRO CUADRANTES	83

FIGURA No. 35	TRABAJO DE UN CONVERTIDOR DOBLE EN CONEXIÓN ANTIPARALELO EN LOS CUATRO CUADRANTES PARA CARACTERÍSTICAS IDEALES	83
FIGURA No. 36	CURVAS CARACTERÍSTICAS TENSION-CORRIENTE REALES APROXIMADAS POR SEGMENTOS EN UNA CONEXIÓN EN DOBLE PUENTE ANTIPARALELO	84
FIGURA No. 37	ZONA DE POSIBLE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ALIMENTADO POR UN DOBLE PUENTE DE TIRISTORES EN CONEXIÓN ANTIPARALELO	85
FIGURA No. 38	MISIÓN DE LA UNIDAD DE ENCENDIDO DE TIRISTORES	85
FIGURA No. 39	FUNDAMENTO DE LA UNIDAD DE ENCENDIDO	87
FIGURA No. 40	FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL CONJUNTO UNIDAD DE ENCENDIDO PUENTE DE TIRISTORES	87
FIGURA No. 41	SINCRONIZACIÓN POR DIODOS ZENER	88
FIGURA No. 42	GENERACIÓN DE UN IMPULSO DE DISPARO CON SINCRONISMO A LA RED	90

FIGURA No. 43	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO DE DISPARO	92
FIGURA No. 44	SINCRONISMO DE UN CONVERTIDOR MONOFASICO A PUENTE COMPLETO	93
FIGURA No. 45	AMPLIFICADOR MONTADO COMO INTEGRADOR	94
FIGURA No. 46	SOBRETENSIÓN PROVOCADA AL ABRIRSE EL CIRCUITO PRIMARIO DE UN TRANSFORMADOR	96
FIGURA No. 47	FORMAS DE LAS TENSIONES PRIMARIA Y SECUNDARIA	97
FIGURA No. 48	CIRCUITO RC DE PROTECCIÓN CONECTADO EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN	98
FIGURA No. 49	CIRCUITO RC DE PROTECCIÓN CONECTADO EN EL SECUNDARIO	98
FIGURA No. 50	CARGAS INDUCTIVAS EN EL CIRCUITO DE UTILIZACIÓN	98
FIGURA No. 51	RED RC ENTRE ANODOS Y CATODOS DE LOS DIODOS RECTIFICADORES O TIRISTORES CUANDO LOS CRISTALES NO TENGAN CARACTERÍSTICAS DE AVALANCHA	100
FIGURA No. 52	CONTROL DE CORRIENTE DE CAMPO	101

FIGURA No. 53	TRANSFORMADORES EQUILIBRANTES	
	(a) CICLOCONVERTIDOR (exclusivo de disparo y transformadores Equilibrados)	104
	(b) CICLOCONVERTIDOR TRIFASICO BASICO CON SIMBOLOS	105
FIGURA No. 54	CICLOCONVERTIDOR CON 3 SALIDAS MONOFASICAS SEPARADAS (no se indican los circuitos de disparo y los Transformadores)	106
FIGURA No. 55	CONFIGURACIONES INVERSORAS. SALIDA DE C.A. TRIFASICA DESDE UNA FUENTE DE C.C.	
	(a) INVERSOR DE SEMIONDA TRIFASICO	107
	(b) INVERSOR DE ONDA COMPLETA EN PUENTE O MULTIPLE TRIFASICO	108
FIGURA No. 56	FORMAS DE ONDA DE SALIDA DE UN INVERSOR TRIFASICO MEDIANTE CONTROL DE LA RELACIÓN DE FASE	
	(a) TENSIONES DE FASE PRODUCIDAS POR EL CONTROL DE RETARDO DE FASE	109
	(b) FORMA DE ONDA DE LAS TENSIONES DE LÍNEA DE LA SALIDA	109
FIGURA No. 57	CONTROL DE LA ANCHURA MULTIPLE DEL	

	INVERSOR MONOFASICO EN PUENTE	
	(a) INVERSOR EN PUENTE MONOFASICO	111
	(b) FORMAS DE ONDA PWM	111
FIGURA No. 58	CONTROL DE LA FORMA DE ONDA DE SALIDA DEL INVERSOR EN PUENTE TRIFASICO CONMUTACIÓN LC MEDIANTE SCRS QUE LLEVAN CARGA (convertidor comercial McMurray Bedford)	112
FIGURA No. 59	SINTESIS DE LA FORMA DE C.A. MEDIANTE LA REDUCCIÓN SELECCIONADA DE ARMÓNICOS	113
FIGURA No. 60	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONVERTIDOR PARA MOTORES DE C.A.	114
FIGURA No. 61	RECTIFICADOR TRIFASICO SIN CONTROLAR	115
FIGURA No. 62	RECTIFICADOR TRIFASICO CONTROLADO	115
FIGURA No. 63	FILTRO LC PARA MOTOR ATACADO POR TENSIÓN	115
FIGURA No.64	FILTRO L PARA INVERSOR ATACADO POR CORRIENTE	115
FIGURA No. 65	INVERSOR EN PUENTE TRIFASICO	116
FIGURA No. 66	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR ONDA CUADRADA SIX-STEP	118
FIGURA No. 67	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR DE ONDA CUADRADA SIX-STEP CON CHOPPER PARA VARIAR LA TENSION CONTINUA	119

FIGURA No. 68	PERÍODOS DE CONTROL A 180°	120
FIGURA No. 69	FORMA DE ONDA EN EL INVERSOR CON CONTROL A 180°	121
FIGURA No. 70	CONDUCCION EN UNA RAMA CONTROL A 180° Y CARGA INDUCTIVA	123
FIGURA No. 71	PERÍODOS DE CONDUCCIÓN Y FORMAS DE ONDA EN EL INVERSOR CON CONTROL A 120°	125
FIGURA No. 72	CAPACIDAD DE FRENADO DEL CONVERTIDOR DE ONDA CUADRADA	126
FIGURA No. 73	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR ATACADO POR CORRIENTE Y ONDA DE SALIDA CUADRADA (CSI)	127
FIGURA No. 74	INVERSOR SIX-STEP AUTOCONMUTADO	128
FIGURA No. 75	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR ATACADO POR CORRIENTE Y CHOPPER PARA VARIAR LA TENSIÓN CONTINUA	129
FIGURA No. 76	PERÍODOS DE CONSUCCIÓN DE ONDA DE CORRIENTE A LA SALIDA DEL INVERSOR	130
FIGURA No. 77	FORMA DE ONDA DE SALIDA EN EL	

	CONVERTIDOR IDEAL Y EN TORNO DEL PUNTO DE CONMUTACIÓN DE LA RAMA 2 A LA RAMA 4	131
FIGURA No. 78	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR CON TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE Y SALIDA EN PWM	132
FIGURA No. 79	MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO SENOIDAL OBTENSIÓN DE LA TENSIÓN DE UNA FASE RESPECTO NEUTRO FICTICIO DE ENTRADA	135
FIGURA No. 80	TENSIONES FASE-FASE (a) FASE-NEUTRO (b) DE ONDA MODULADA PWM	136 136
FIGURA No. 81	TÍPICA FORMA DE MODULAR EN CONVERTIDORES TRABAJANDO COMO FUENTE DE TENSIÓN	137
FIGURA No. 82	FORMA DE ONDA Y ÁNGULOS DE DISPARO EN UNA ONDA BIDIRECCIONAL PARA ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS	138
FIGURA No. 83	OBTENSIÓN DE LA TENSIÓN EN CONTROL BANG-BANG MEDIANTE HISTÉRESIS	140
FIGURA No. 84	OBTENSIÓN DE UNA FASE EN CONTROL	

	BANG-BANG Y COMPARACIÓN A FRECUENCIA	
	FIJA F	141
FIGURA No. 85	ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD CON UN REGULADOR DE CORRIENTE ALTERNA	147
FIGURA No. 86	ESQUEMA DE CONJUNTO: ARRANQUE Y REGULACIÓN	148
FIGURA No. 87	(a)CONTROL DE ONDULADORES CON "ONDA COMPLETA"	
	(b)CONTROL TIPO 120°	150
	(c)CONTROL TIPO 180°	150
FIGURA No. 88	CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN EN BUCLE ABIERTO	151
FIGURA No. 89	ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON FLUJO CONSTANTE	151
FIGURA No. 90	ESQUEMA DE BLOQUE DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON BUCLE DE FLUJO	152
FIGURA No. 91	REGULADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN SIN DINAMO TACOMÉTRICA	154

FIGURA No. 92	REGULADOR DE VELOCIDAD SIN DINAMO TACOMETRICA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN, ESQUEMA SENCILLO APLICADO A UN TROCEADOR CONMUTADOR CON TRANSISTORES	156
FIGURA No. 93	DIAGRAMA DE REGULACIÓN CON FUNCIONAMIENTO A FLUJO VARIABLE Y FRECUENCIA A LAS CORRIENTES	157
FIGURA No. 94	ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE UN MOTOR SÍNCRONO AUTOPILOTIADO	158
FIGURA No. 95	REGULACIÓN NUMÉRICA DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA POR MICROPROCESADOR	162
FIGURA No. 96	RECTIFICADOR TRIFASICO SIN CONTROLAR	167
FIGURA No. 97	FILTRO LC PARA INVERSOR ATACADO POR TENSIÓN	167
FIGURA No. 98	CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN IGBT	169
FIGURA No. 99	CARACTERÍSTICAS DE UN IGBT (cortesía de Mitsubishi Electric Corporation)	170
FIGURA No. 100	PRINCIPIO DE CONTROL DE UN IGBT	170
FIGURA No. 101	CHOPPER (Pulsador Rectificador)	
	(a) CIRCUITO	172
	(b) FORMAS DE ONDA	172

FIGURA No. 102	ELEMENTOS DE LOS REGULADORES EN MODO DE CONMUTACIÓN	
	(a) DIAGRAMA DE BLOQUE	175
	(b) SEÑALES DE CONTROL	175
FIGURA No. 103	REGULADOR REDUCTOR CON IL CONTINUA	
	(a) DIAGRAMA DE CIRCUITO	176
	(b) CIRCUITOS EQUIVALENTES	176
	(c) FORMAS DE ONDA	177
FIGURA No. 104	ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR CON TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE Y SALIDA EN PWM	178
FIGURA No. 105	MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO SENOIDAL OBTENSIÓN DE LA TENSIÓN DE UNA FASE RESPECTO NEUTRO FICTICIO DE ENTRADA	181
FIGURA No. 106	TENSIONES FASE-FASE	
	(a) FASE-NEUTRO	182
	(b) DE UNA ONDA MODULADA PWM	182
FIGURA No. 107	CAPACIDAD DE FRENADO	184
FIGURA No. 108	DIMENSIONES DE MONTAJE MICROMASTER	190
FIGURA No. 109	BORNES DE CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN MONOFASICA TRIFASICA Y DEL MOTOR	192
FIGURA No. 110	CONEXIONES EN EL REGLETERO DE	

	MANDO MICROMASTER	193
FIGURA No. 111	VISTA FRONTAL DEL PANEL DE MANDO	
	FRONTAL	197
FIGURA No. 112	MODO DE PROCEDER PARA MODIFICAR	
	VALORES DE PARAMETROS	200
FIGURA No. 113	EJEMPLO DE LA PLACA CARACTERÍSTICA	
	DE UN MOTOR	203
FIGURA No. 114	CONEXIONES DE RECTIVAR 44 SERIE 44	213
FIGURA No. 115	SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD	
	CON REALIMENTACIÓN	218
FIGURA No. 116	FORMAS DE ONDA ENTRADA DEL DRIVE	225
FIGURA No. 117	FORMAS DE ONDA SALIDA DEL CONVERTIDOR	
	DE D.C RTV 44 HACIA LA ARMADURA DEL	
	MOTOR	226
FIGURA No. 118	SEÑAL DE SALIDA DEL DRIVE RTV44 HACIA	
	EL CAMPO DEL MOTOR	227
FIGURA No. 119	CURVA DE SALIDA DEL DRIVE A.C HACIA EL	
	MOTOR	228
FIGURA No. 120	FORMA DE ACTUACIÓN DEL INVERSOR SOBRE	
	LA ONDA (SUICHEO) EN SU MODULACIÓN	229
FIGURA No. 121	FORMAS DE ONDA DE FILTRACIONES	
	DE RADIOFRECUENCIAS	230

LISTA DE TABLAS

		Pag
TABLA No. 1	PORCENTAJE DE LOS DIVERSOS TIPOS DE CONDUCCIONES VENDIDAS COMO PARTES DE SISTEMAS ESPECIALES SEGÚN LOS HP NOMINALES	28
TABLA No. 2	VALORES DE LOS COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS DE LAS FIGURAS No. 48 Y 49	99
TABLA No. 3	ELECCION DEL TIPO DE CONVERTIDOR EN FUNCION DE LA APLICACIÓN	143
TABLA No. 4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CONVERTIDORES	144
TABLA No. 5	GAMA BÁSICA DE POTENCIA	144
TABLA No. 6	CONEXIONES DE MANDO MICROMASTER	194
TABLA No. 7	ASIGNACIÓN DE PINES DE SUB D (X300)	199

RESUMEN

En el presente proyecto se describe la estructura, y se realiza el montaje y puesta en marcha de dos tipos de variadores electrónicos de velocidad para motores trifásicos de inducción y motores de corriente continua.

Los equipos estudiados; Micromaster (SIEMENS) y Rectivar44 (TELEMECANIQUE) están constituidos por tarjetas de control, de potencia y elementos pasivos (resistencias, capacitores, relés, diodos, tiristores y semiconductores) que conforman la estructura en la parte interna de los variadores de velocidad los cuales contienen dos etapas: la etapa de regulación y control y la etapa de potencia, la etapa de regulación y control contiene diferentes tipos de elementos integrados como: codificadores, compuertas y puertos de entrada y salida. Esta etapa tiene la misión del control de la etapa de potencia con referencia a la señal entregada por la tarjeta procesadora. La etapa de potencia está compuesta por puentes rectificadores (diodos, condensadores, IGBT, tiristores, etc)

INTRODUCCIÓN

Los motores de inducción y corriente continua son usados en la mayoría de los procesos industriales, al variar la velocidad de estas máquinas se puede obtener una diferente gama de operaciones que permiten optimizar diferentes procesos según la necesidad que se requiera.

Para controlar la velocidad de estos motores se han desarrollado métodos mecánicos y electrónicos. Los medios mecánicos de control no proporcionan una variación de velocidad continua en dicha máquina por lo tanto se recurre al control electrónico que proporciona un manejo más adecuado de la velocidad.

La variación de la velocidad de los motores de inducción y corriente continua puede hacerse únicamente tomando la frecuencia de la fuente de alimentación teniendo en cuenta la forma de onda (variación de velocidad continua). De ahí la necesidad de describir un control de velocidad para dichas máquinas ya que en la mayoría de industrias son requeridos equipos de velocidad variable en numerosas aplicaciones, ejemplo:

Industria automotriz

Industria de papel

Industria metalmecánica

Industria textil

Industria siderúrgica

Industria de alimentos

Máquinas, herramientas, etc.

Este estudio permitió como estudiantes trabajar en diferentes áreas del programa de Ingeniería Eléctrica, como son: Máquinas Eléctricas, Electrónica, Electrónica de Potencia y Control.

0.1 OBJETIVOS

0.1.1 Objetivos Generales

- Estudio de la estructura y operación de variadores de velocidad AC y DC modernos, ver como se varía la velocidad en los motores AC y DC, utilizando equipos y elementos electrónicos.
- Realizar la instalación puesta en servicio de tres equipos con sus respectivos motores y partes del control.

0.1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información que lleve a comprender el funcionamiento de los elementos que conforman los variadores electrónicos a estudiar.
- Estudiar experimentalmente la operación de los equipos y su forma de variar la velocidad, en forma aislada y en conjunto con el motor.
- Elaborar una maqueta didáctica para visualizar los componentes del variador de velocidad AC.
- Implementar cuatro prácticas de laboratorio para la aplicación de los variadores de velocidad AC y DC.
- Ejecutar el montaje y funcionamiento del conjunto variador motor-control con correcciones hechas.

- Establecer recomendaciones en un manual de funcionamiento para la utilización de los equipos.
- Entregar recopilación de datos y resultados reunidos durante el estudio y el montaje.

1. EVOLUCIÓN DEL CONTROL ELECTRONICO DE MOTORES DE C.C. (ESTUDIO Y ESTRUCTURA)

1.1 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE MOTORES DE C.C.

La historia del control de motores en el siglo pasado y en los comienzos del presente empezó con el desarrollo de los motores resistivos de c.c. gobernados manualmente mediante procedimientos de control del inducido y de la excitación. Con el desarrollo del motor de c.a. y la extensa distribución de energía eléctrica de c.a. en las tres primeras décadas del presente siglo, se idearon diversos tipos de procedimientos de control de motores de c.a. y decreció el interés hacia el motor de c.c. La aparición de la válvula electrónica triodo de gas y de los tiratrones, hermanado al desarrollo paralelo de la reactancia de núcleo saturable, el amplificador magnético, y diversos amplificadores rotativos de potencia (Amplidina, Regulex, Rototrol y Ward-Leonard) en las tres décadas siguientes (entre 1930 y 1960), volvió a despertar el interés del control de la velocidad del motor de c.c.

El desarrollo del tiristor de silicio controlado (SCR) para servicios de baja y media potencia en la década de los 50, ha creado posibilidades ilimitadas para el control de motores de c.c., desde una fuente de c.a., mediante procedimientos electrónicos. El pequeño tamaño, la elevada seguridad en el funcionamiento y la relativa eficacia del SCR ha empezado a dominar la última mitad del siglo XX en el control de motores de c.c. y de c.a. de pequeña o mediana potencia, desde una fuente de c.a. Hasta el momento actual, los SCR son ahora asequibles hasta 400A (eficaces) con tensiones nominales (de paso y de bloqueo de pico) hasta 1200V (GE, tipo C290 PB). Por encima de esta potencia, es costumbre, por ahora, emplear sistemas de conversión tales como rectificadores de vapor de mercurio, amplificadores magnéticos, convertidores rotativos, y grupos convertidores para transformar y proporcionar la c.c. necesaria para motores de c.c. extragrandes (superiores a 100 CV a 115 V de c.c. y 200 CV a 230 V de c.c.). Puesto que el rectificador controlado de silicio puede utilizarse para controlar la velocidad de motores de c.c. de 115 V hasta 50 CV y motores de 230 V hasta 100 CV desde una fuente de alimentación de c.a. monofásica o trifásica, su versatilidad y el tamaño reducido del equipo de control que se necesita, augura grandes promesas para el control de motores de pequeña y mediana potencia por métodos electrónicos.

El aspecto típico de un rectificador controlado de silicio (SCR) se muestra en la Figura No 1a. Un monocristal de tres uniones (de aleación de silicio) está situado en el interior de una pastilla cerámica de la que sale un conductor anódico flexible multitrenzado (o cola de puerco) desde una capa positiva de material semiconductor. El terminal de cátodo, unido a masa en la envoltura metálica, se saca desde una capa negativa en forma de tornillo fijado a

una tuerca hexagonal, de manera que el rectificador controlado de silicio (SCR) puede atornillarse a un disipador metálico de calor. Un “rabillo” para el control o conductor de puerta (“gate”) que sobresale de la envoltura, se toma de una capa positiva de material semiconductor, separada del ánodo y el cátodo, respectivamente, por uniones adecuadas como se muestra en la Figura No. 1b. El SCR puede considerarse formados por dos transistores: un npn y un pnp conectado “en oposición” según la Figura No. 1b. El resultado es la producción de un semiconductor pnpn que se compone de tres uniones: anódica, de control y catódica (J_1 , J_2 y J_3 , respectivamente) entre las cuatro zonas producidas en un solo monocristal “impurificado” de uniones.

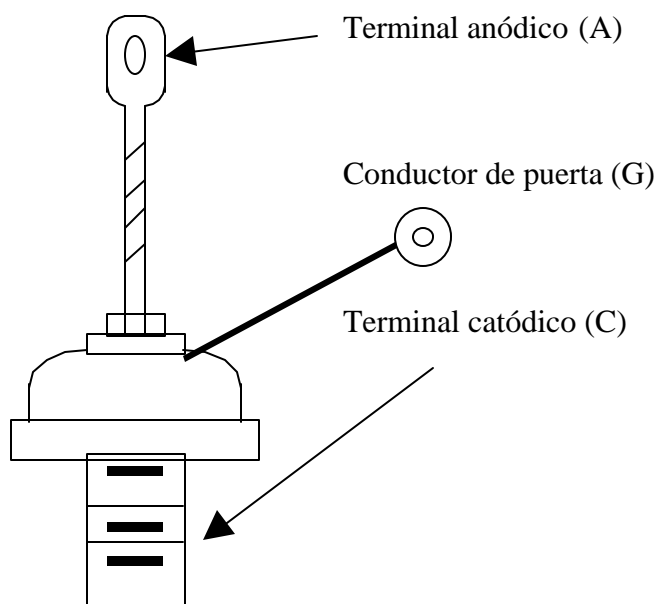


FIGURA No. 1 RECTIFICADOR DE SILICIO CONTROLADO (SCR)
(a) ASPECTO TÍPICO

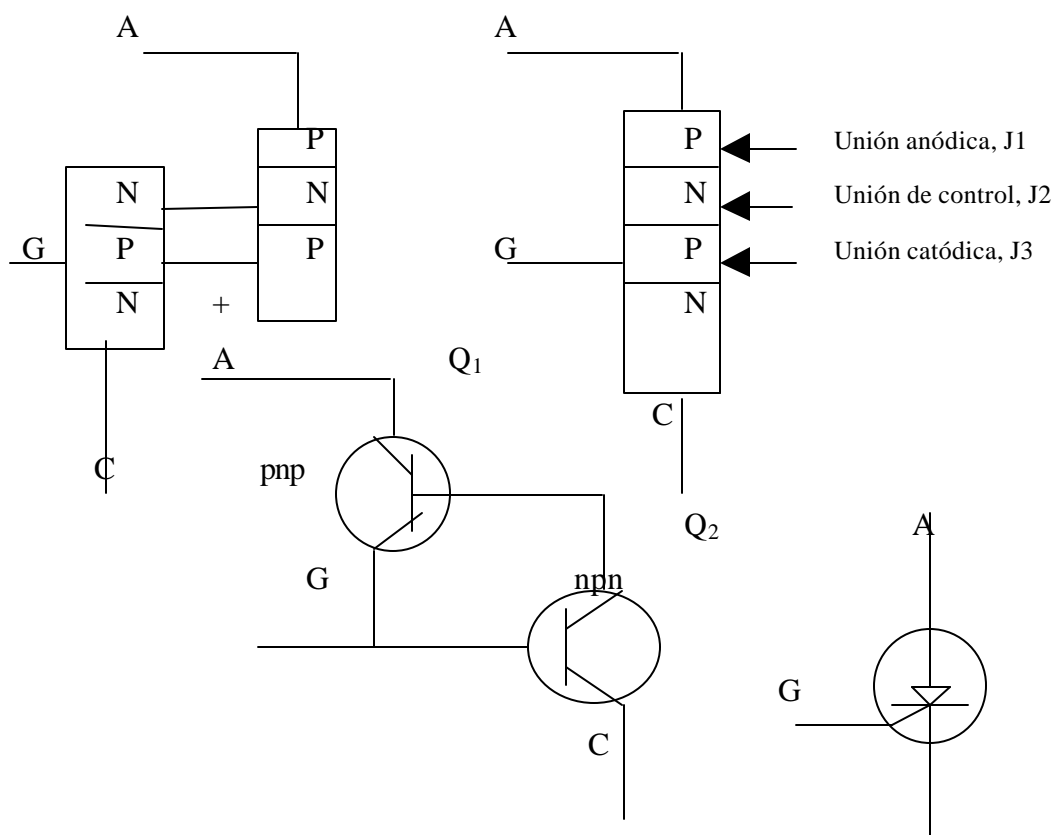


FIGURA No. 1 RECTIFICADOR DE SILICIO CONTROLADO (SCR)
(b) TRANSISTOR EQUIVALENTE DE TRES UNIONES

El funcionamiento del SCR puede analizarse atendiendo a la teoría de un semitransistor en términos de transistores pnp y npn, Q1 y Q2, respectivamente. Según la Figura No. 1b, el colector de Q2 gobierna la base de Q1, y simultáneamente el colector de Q1 gobierna la base de Q2. Si β_1 es la ganancia de corriente de Q1, y si β_2 es la ganancia de corriente de Q2, el producto $\beta_1\beta_2$ es la ganancia del bucle de realimentación positivo, o β_3 . Cuando β_3 es inferior a la unidad, el circuito se halla en un estado estable y el SCR “no está polarizado”; es decir, la única corriente que circula entre el ánodo y el cátodo es la corriente de corte del colector entre las dos zonas del “transistor”,

traduciéndose en una impedancia muy grande entre el ánodo y el cátodo (550V, PFV y PIV). Cuando se aplica una tensión positiva a la puerta de control, G, el “transistor Q_2 ” (la zona npn) está polarizado en sentido “de paso”, produciendo un incremento en la corriente de colector a un punto donde su ganancia de corriente β_1 ocasionará que la ganancia de lazo β_3 sea mayor que la unidad. El circuito luego se convierte en regenerativo, haciendo que la corriente de colector de ambas zonas aumente rápidamente a un valor máximo limitado por el circuito exterior. Como que las zonas npn y pnp se llevan a la saturación, la impedancia entre el ánodo A y el cátodo C disminuye a un valor muy pequeño, y la corriente unidireccional puede circular en el sentido de A a C.

Cuando se dispara mediante una tensión positiva a G de un estado “de bloqueo” al “de paso o conducción”, es innecesario continuar manteniendo una tensión positiva a la puerta. El SCR permanecerá en estado “de conducción” porque la zona pnp aporta la ganancia de corriente suficiente para gobernar de una forma regenerativa la base de la zona npn. De esta forma, simplemente un pulso positivo, de magnitud suficiente para incrementar β_1 de forma que β_3 sobrepase la unidad, es todo lo que se requiere para iniciar la autogeneración y el estado “de conducción”.

El SCR puede ponerse fuera de servicio solamente mediante la reducción de la corriente de colector de la zona pnp de forma que β_1 sea menor que la unidad.

Esto sólo puede conseguirse disminuyendo la tensión de emisor o ánodo A de la zona pnp, para reducir β_3 a un valor inferior a la unidad y restablecer el estado estable “de bloqueo”.

De esta forma, mientras la puerta inicia la conducción del SCR, no tiene control sobre ésta una vez iniciada.

Puesto que puede dispararse de un estado de conducción elevado a uno bajo (conducción-bloqueo) y viceversa (bloqueo conducción) mediante la reducción de la tensión anódica y de los impulsos positivos de disparo de puerta, respectivamente, el SCR puede emplearse como interruptor para corrientes bajas y moderadas (hasta 400A). La figura No. 2a muestra el empleo del SCR como interruptor de fijación en el que el inducido de un motor de c.c. se conecta a una fuente de c.c. (no se muestran las resistencias de excitación y de protección). En ausencia de un impulso positivo a G, el interruptor está abierto y el inducido del motor desexcitado. La resistencia de puerta, r_g , conectada entre el cátodo y la puerta, proporciona, una corriente negativa, de polarización de puerta, asegurando la condición estable “de bloqueo”. incrementando el valor de r_g , puede aumentarse la sensibilidad, y puede asegurarse cualquier grado reducido de la misma mediante la selección adecuada de r_g . El motor se conecta al circuito mediante la aplicación de un impulso positivo de tensión (0.5 a 1.0 V con una corriente de aproximadamente 25 mA mediante 1 μ s). El motor en funcionamiento sólo puede desconectarse una vez que esté excitado abriendo el contacto n.c. M. cerrando M otra vez, no hará que el motor se conecte hasta que reaparezca un impulso positivo en G.

En la Figura No. 2b se muestra un método alternativo de conexión-desconexión, empleando un principio de constante de un tiempo RC, que también se sirve de una fuente de c.c. El motor queda conectado mediante un impulso positivo en G.

Seguirá en funcionamiento hasta que se cierre el contacto n.a. M, colocando la conexión entre R y C a tierra. Por tanto, a medida que se va cargando el C sitúa el punto A a un potencial negativo con respecto a tierra, y se origina el corte del SCR. Puesto que M es un interruptor normalmente abierto puede utilizarse otro SCR para cerrar el circuito capacitivo en derivación. De esta forma puede conectarse el motor mediante la aplicación de un impulso positivo al SCR de la Figura No. 2b, y desconectarse mediante la aplicación de otro impulso positivo al segundo SCR, que se utiliza en vez de M. La conmutación del transistor o alternatively el método mostrado en la Figura No. 2e, puede ser empleado para reconectar el segundo SCR, como el resultado de que un relé o un motor pueden conectarse o desconectarse por medio de impulsos de disparo positivos, como se describe a continuación.

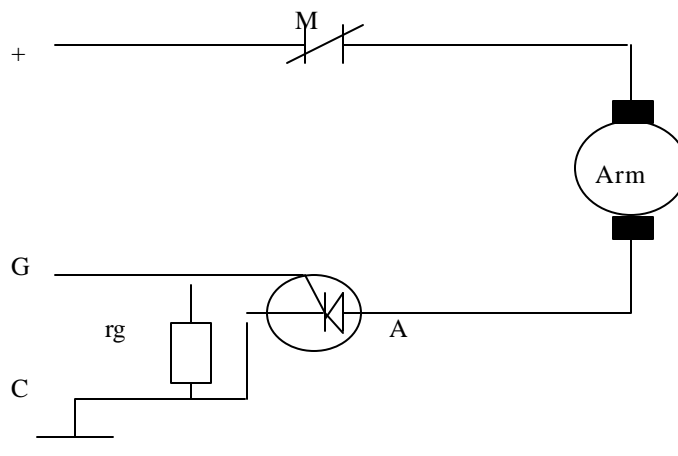


FIGURA No. 2 POSIBILIDADES DE CONMUTACION DEL SCR
(a) INTERRUPTOR DE SUJECION SCR

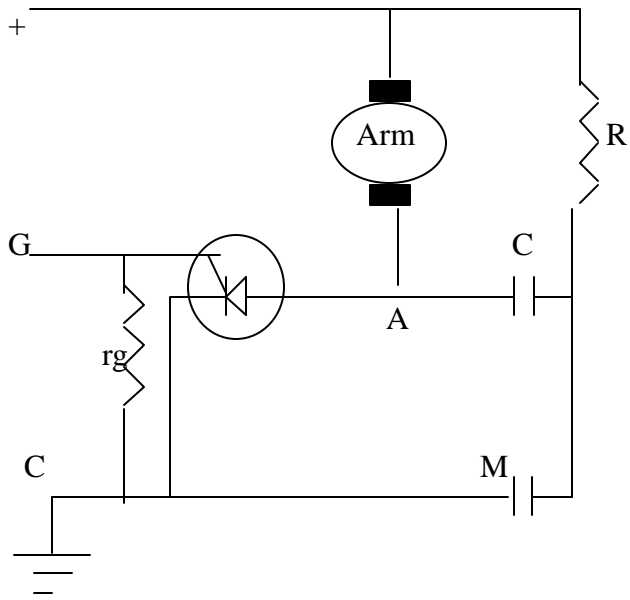


FIGURA No. 2 POSIBILIDADES DE CONMUTACION DEL SCR
(b) ANULADO DEL CONDENSADOR DE SHUNTADO

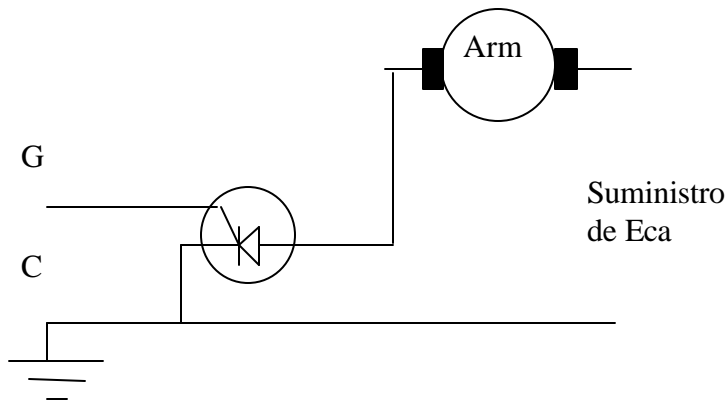


FIGURA No. 2 POSIBILIDADES DE CONMUTACION DEL SCR
(b) INTERRUPTOR DE MEDIA ONDA

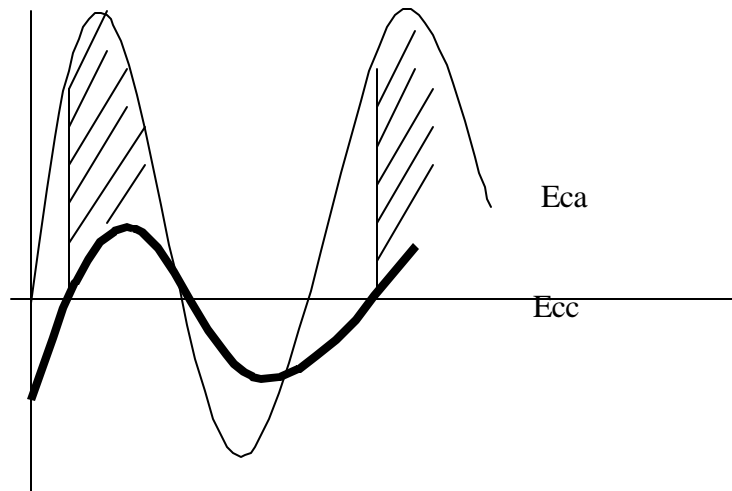
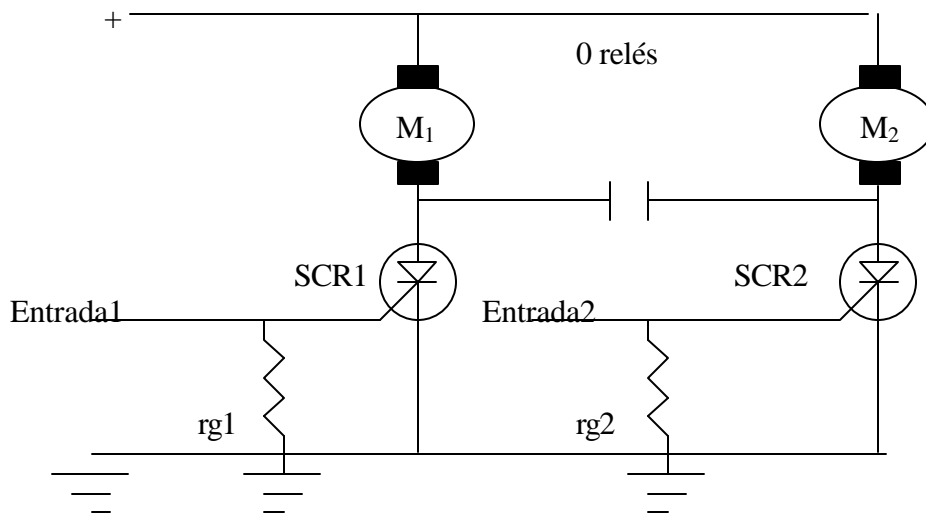


FIGURA No. 2 POSIBILIDADES DE CONMUTACION DEL SCR
(d) CONTROL DE DESFASE



C

FIGURA No. 2 POSIBILIDADES DE CONMUTACION DEL SCR
(e) INTERRUPTOR DE POTENCIA DPST (fiip-flop DE POTENCIA)

En presencia de un potencial de puerta reiterativo y positivo, puede accionarse un motor de c.c. desde una fuente de c.a., según el interruptor de semionda de la Figura No. 2c. Siempre

que la tensión anódica sea negativa en el SCR, no hay conducción; pero cuando el potencial de c.a. es positivo, se reanuda la conducción, y la corriente a través del inducido del motor es unidireccional.

Si la fase de la tensión aplicada a la puerta E_{gc} es alterna y está desfasada con respecto a la fuente de alimentación de a.c., E_{ac} , el circuito puede ser empleado como método de control de la tensión de inducido. El valor medio de la tensión de c.c. aplicada al inducido es función de la relación de fase entre E_{ac} .

Cuando E_{gc} desfasa de E_{ac} en casi 180° , la tensión aplicada al inducido es casi despreciable. Puede emplearse el control de desfase simple (1) para poner en marcha el motor, y (2) para servir como método de control de la velocidad por tensión de inducido, como se muestra en la Figura No. 2d.

El principio del interruptor de condensador en derivación mostrado en la Figura No. 2b, al que se añade un segundo SCR para proporcionar una polarización negativa de corte mediante un condensador en carga, se muestra en la Figura No. 2e, denominado circuito de potencia flip-flop de SCR. Dos motores de c.c. o dos relé de c.c. puede ser excitados alternativamente mediante la aplicación de impulsos positivos a las entradas 1 y 2, respectivamente, un impulso positivo a la entrada 1 conectará el motor (o relé) M_1 y, simultáneamente, cargará C de tal forma que quede aplicado un potencial negativo al ánodo del SCR_2 . El condensador C debe ser lo suficientemente grande para mantener el ánodo del SCR a un potencial negativo durante el tiempo en que se realiza la transición desde la

regeneración a un estado estable. Cuando se aplica un potencial positivo en la entrada 2, ocurre la conducción de SCR_2 , conectándose M_2 y cargándose simultáneamente C de tal forma que se desconecta SCR_1 . Este circuito también puede emplearse para conectar y desconectar un solo motor por medio de impulsos mediante sustitución de M_2 por una resistencia equivalente.

Para reducir el rizado, o la componente de c.a. en la onda que introduce un aumento de pérdidas en el hierro del motor, es costumbre utilizar la rectificación de onda completa en vez de la de semionda. En la Figura No. 3 se muestran diversos métodos de control de la tensión de inducido de onda completa, unidireccionales, para arrancar y mantener en marcha un motor de c.c. desde una fuente monofásica de c.a. El circuito de la Figura No. 3a es un circuito en puente en el que dos ramas del mismo son diodos simples de estado sólido, CR_1 y CR_2 , respectivamente, y las otras dos ramas del puente son SCRs. La fase de las entradas a puerta 1 y 2, respectivamente, puede regularse, por medio de circuitos de desfase o de disparo, para hacer posible la conducción idéntica en cada semiperíodo de la corriente alterna. Para el funcionamiento a tensiones de c.a. más elevadas, puede emplearse el circuito de la Figura No. 3b. Este circuito sitúa al inducido del motor de c.c. en bornes de la salida de c.c. de un puente de onda completa. SCR_1 y SCR_2 , respectivamente, se emplean simplemente como interruptores sensibilizadores de fase que determinan la parte en que ocurre la conducción de cada semiciclo. Los impulsos aplicados a las entradas 1 y 2 pueden regularse para producir la supresión del circuito para el ciclo completo, para partes correspondientes idénticas de cada semiciclo, o para duraciones desiguales de cada uno de ellos. De hecho, este procedimiento proporciona una gama de control sobre los 360° de una

onda de entrada de c.a. Pueden emplearse circuitos de filtro LC adicionales (similares a los utilizados para fuentes de alimentación de potencia) para mejorar la naturaleza de la forma de onda de c.c. aportada desde los rectificadores de onda completa al inducido del motor. Para tensiones más elevadas, puede emplearse un transformador reductor (no mostrado en la Figura No. 3b).

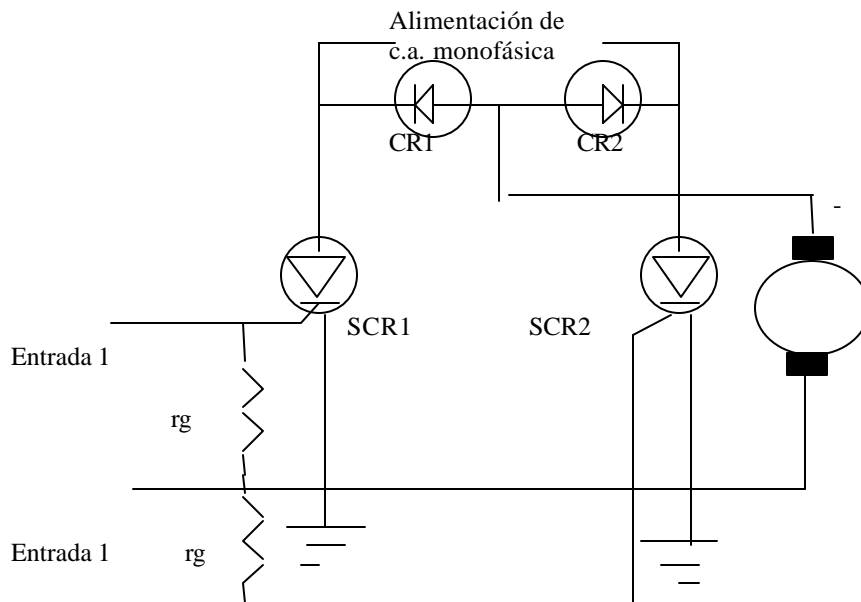


FIGURA No. 3 CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCRs
(a) CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EN PUENTE DE ONDA COMPLETA

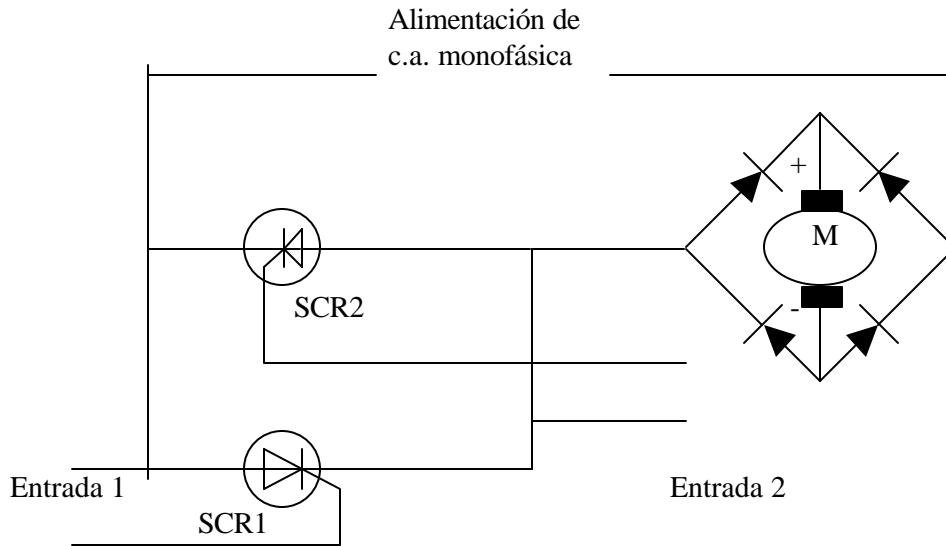


FIGURA No. 3 CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCRs

(b) CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL DEL TIPO EN PUENTE

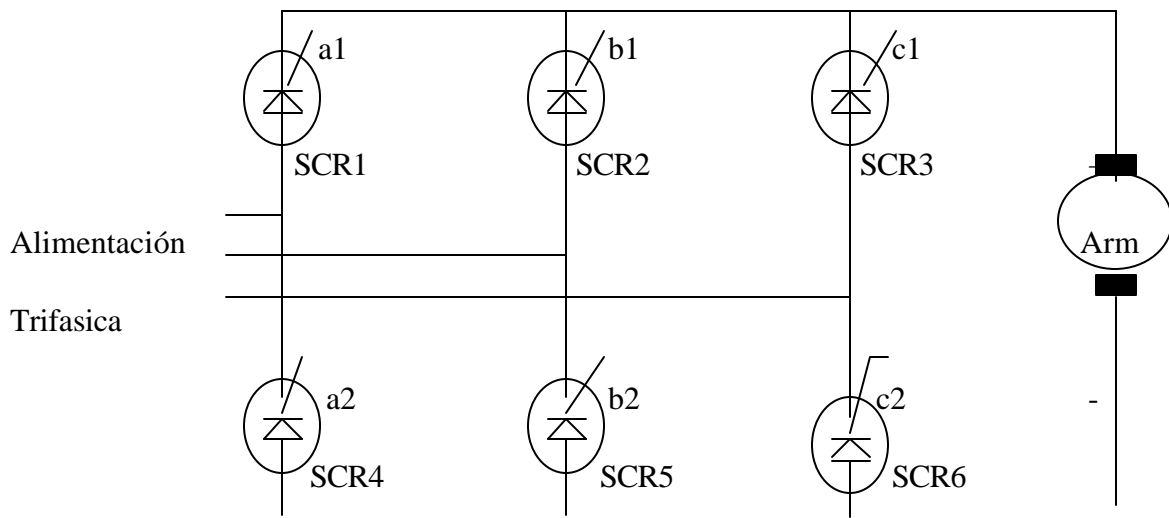


FIGURA No. 3 CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO UNIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCRs

(c) CONTROL DE LA TENSION UNIDIRECCIONAL DE ONDA COMPLETA TRIFASICO

Puede usarse un total de seis SCRs para accionar un motor de c.c. unidireccionalmente, mediante control de tensión de inducido, desde una fuente trifásica como se muestra en la Figura No. 3c. Cada par de SCRs conectados en paralelo ofrece rectificación de onda completa de cada fase. La tensión de salida resultante de c.c. en paralelo tiene bastante menos rizado. Las tensiones de control a1-a2 y b1-b2 y c1-c2 pueden ser desfasadas con respecto a sus tensiones entre fase y neutro, o disparadas individualmente para proporcionar una suave tensión de salida de c.c. desde cero al máximo, que puede emplearse para el control de arranque y de la velocidad por tensión de inducido.

Los SCRs numerados 4, 5, 6 en la Figura No. 3c pueden ser sustituidos por diodos de corriente y tensión equivalentes. Si las señales de disparo a1, b1, c1 pueden ser desfasadas más de 180°, el circuito todavía produce el control desde 0 al 100 por cien de la plena tensión de salida de c.c. Si las señales de disparo a1, b1, c1 pueden ser desfasadas más de 120°, el circuito produce pleno control desde el 25 al 100 por cien de la plena tensión y potencia de salida de c.c.

Los circuitos de la Figura No. 3 se adaptan en primer lugar al arranque y al control de la velocidad donde se desee hacer girar el motor solamente en un sentido. Cuando se desee la inversión del motor puede efectuarse bien por conmutación bien utilizando pares de SCRs. La inversión por conmutación se muestra en la Figura No. 4 mientras que la que se emplea pares de onda completa se muestra en la Figura No. 5.

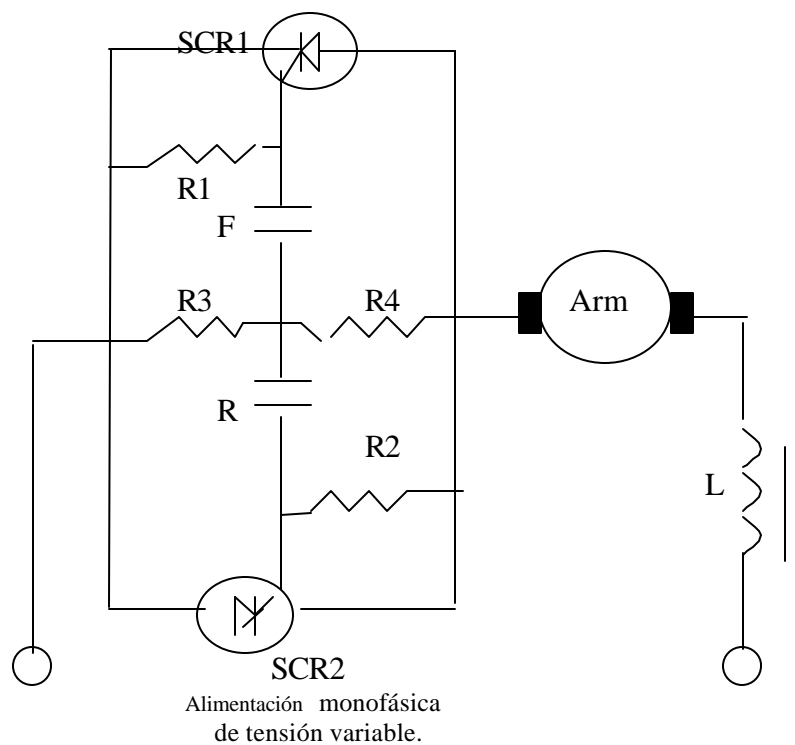
El método de conmutación que se muestra en la Figura No.4a emplea un montaje paralelo inverso de SCRs en serie con el inducido del motor de c.c. conectado a una fuente de alimentación de tensión variable de c.a. R_1 y R_2 son resistencias de puerta de igual valor

suficientes para mantener los SCRs en estado estable, es decir, cuando ambos contactos F y R estén abiertos. Sin embargo, al cerrar el contacto F, shunta la resistencia R_1 con una resistencia muy baja, R_3 , haciendo que el SCR_1 conduzca en cada semiciclo como un rectificador de semionda desde el ánodo al cátodo.

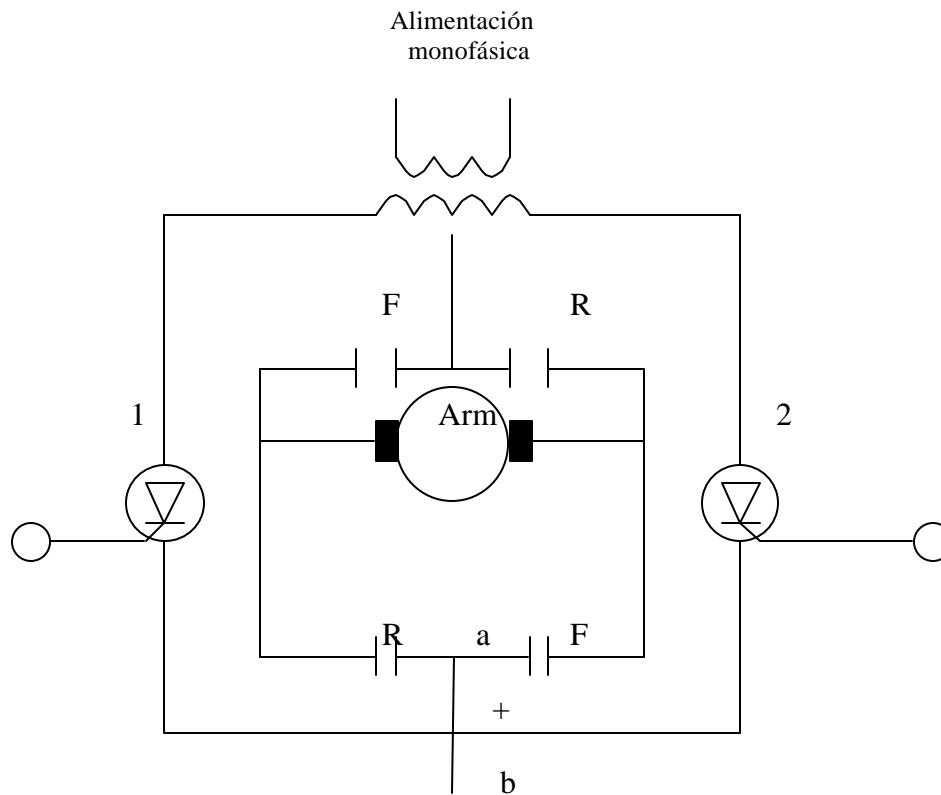
Al abrir F y cerrarse el contacto R se producirá la conducción del SCR_2 y simultáneamente llevará al SCR_1 al bloqueo, puesto que no habrá corriente suficiente para producir la regeneración. El SCR_2 conduce como un rectificador de semionda desde el ánodo al cátodo en el hemiciclo inverso y en sentido inverso, de tal manera que invierte la polaridad del inducido y el sentido de rotación, un circuito desfasador también puede conectarse entre las dos puertas para hacer posible la conmutación del punto de funcionamiento de FUERA, SENTIDO DIRECTO E INVERSO así como el control de la tensión de inducido. En el método mostrado en la Figura No. 4a el control de la tensión puede obtenerse mediante variación de la entrada monofásica de c.a. por medio de un autotransformador (variac). La inductancia mostrada en serie con el inducido reduce el rizado de c.a. y limita la corriente de c.a. a través del inducido de baja resistencia y resistencia de derivación. Está diseñado y seleccionado para la saturación cuando a través de él circula una corriente de c.c., de tal forma que reduce su reactancia en condiciones de marcha.

La salida de onda completa de c.c. de un par de SCRs puede conectarse en la disposición habitual de conexión de SENTIDOS DIRECTO-INVERSO para posibilitar la inversión de polaridad necesaria en el inducido, como se muestra en la Figura No. 4b. En ausencia de señal de entrada de disparo o de corriente alterna aplicada a los terminales de puerta 1 y 2, el inducido está completamente desconectado de la fuente. Al desfasar la forma de onda (de

impulsos o sinusoidal) de la c.a. de puerta, con respecto a la tensión de c.a. secundaria del transformador, se produce una tensión variable c.c. de la polaridad indicada en la figura: al cerrarse sea F sea R, dará lugar a la inversión de la corriente de inducción así como a la inversión del sentido de giro. El mismo circuito de conmutación se emplea mucho para aportar corriente continua de tensión variable desde la fuente trifásica, de la forma indicada en la Figura No 3c, capaz de invertir el inducido del motor.



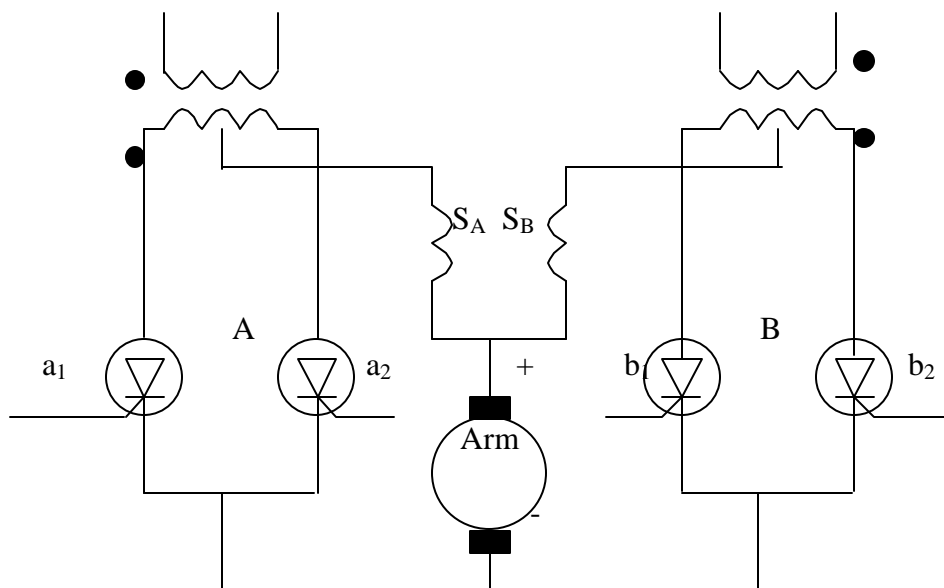
**FIGURA No.4 INVERSION Y CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO
EMPLEANDO SCRs (RECTIFICACION DE ONDA COMPLETA)
(a) INVERSION MEDIANTE CONMUTACION DEL PUNTO DE
FUNCIONAMIENTO**



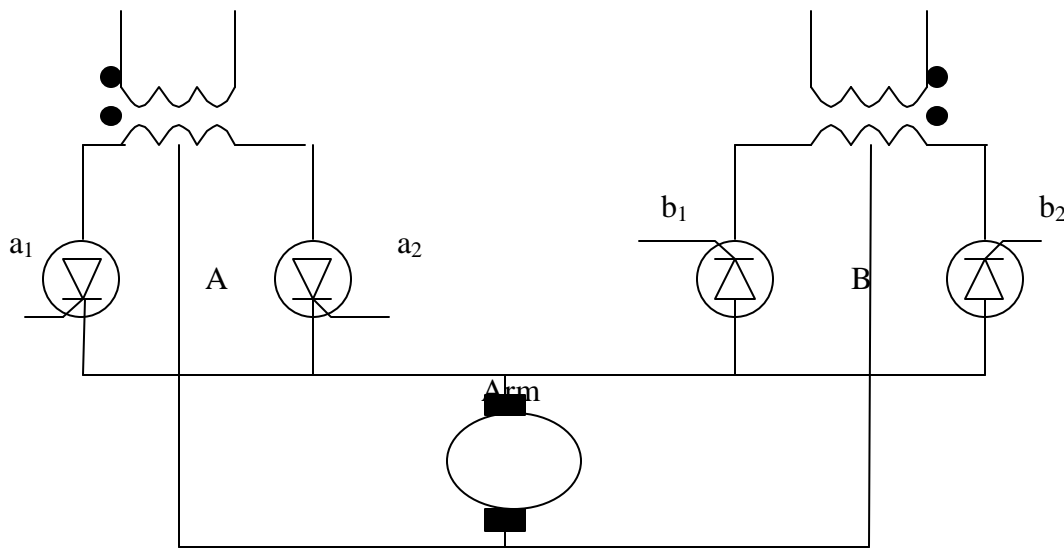
**FIGURA No.4 INVERSION Y CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO
EMPLEANDO SCRs (RECTIFICACION DE ONDA COMPLETA)
(b) INVERSION MEDIANTE CONMUTACION POR RECTIFICADOR DE ONDA
COMPLETA SENCILLO CON CONTROL DE TENSION DE INDUCIDO**

Los circuitos de las Figuras No. 2 hasta la 4 muestran solamente el inducido del motor de c.c., puesto que estos circuitos emplean control de tensión de inducido. El circuito de excitación suele ser de excitación independiente desde una fuente de rectificadores de semionda u onda completa. En el caso de motores serie o compuesto, en los que se producía la inversión de corriente en el inducido, la excitación debe conectarse de tal forma que se mantenga en el mismo sentido siempre que se invierta la corriente de inducido. En la Figura No. 4b, por ejemplo, la excitación serie se conectaría entre los puntos a y b, en lugar del conductor.

Los motores serie de excitación desdoblada pueden controlarse mediante la conducción de onda completa de un par de SCR's A o B, mostrado en la Figura No. 5a. Cuando la polaridad y la fase de puerta son tales que a_1 y a_2 ocasionan la respectiva conducción de onda completa del par A de SCR's, se produce un sentido particular de giro debido a la corriente en el devanado S_A y en el inducido. Si el par A de SCR's está en corte y el par B conducido a onda completa, circula el mismo sentido de corriente en el inducido, pero la corriente en la excitación serie S_B dará a la rotación en sentido opuesto. Los circuitos de puerta (no mostrados) se disponen con enclavamientos adecuados para evitar la conducción simultánea de ambos pares que podría dar lugar al embalamiento del motor debido al campo debilitado por el flujo diferencial.



**FIGURA No.5 INVERSION Y CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO
EMPLEANDO PARES DE RECTIFICADORES DE ONDA COMPLETA
(a) INVERSION Y CONTROL DE LA TENSION DE ONDA COMPLETA
EMPLEANDO UN MOTOR SERIE DE c.c. DE EXCITACION PARTIDA**



**FIGURA No.5 (b) INVERSION Y CONTROL DE LA TENSION DE INDUCIDO
EMPLEANDO PARES DE RECTIFICADORES DE ONDA COMPLETA
INVERSION DE CONTROL DE LA TENSION DE ONDA COMPLETA DE
CUALQUIER MOTOR DE C.C.**

El circuito de la Figura No. 5b puede emplearse en cualquier motor , derivación serie o mixto, este circuito utiliza pares de SCR's en montaje paralelo inverso, en el que cada par está diseñado para producir corriente continua de onda completa y conducir en sentido opuesto. El par A, cuando conduzca, enviará corriente de onda completa a través del inducido en sentido descendente; y el par B, en la conducción, hará circular corriente por el inducido en sentido ascendente. La tensión en bornes del inducido en cada par está determinada por la fase de la tensión de c.a. del secundario del transformador. Este método también presenta la ventaja de no precisar de ninguna clase de contactos para invertir el sentido de giro o para aumentar la magnitud de la tensión aplicada en bornes del inducido. Ésta es, en efecto, la conmutación estática y rectificación de onda completa combinada que emplean control de tensión de inducido.

El circuito de control de tensión, trifásico, de estado sólido, de onda completa unidireccional, de la Figura No. 3c está muy generalizado para dispositivos de gobierno (conducciones) de elevada potencia que caracterizan a los motores de c.c. que se accionan en un sentido desde cero a la velocidad nominal (e inclusive más elevadas empleando control de campo). Es posible invertir el sentido de rotación de este motor mediante la inversión de campo pero los inconvenientes de posible embalamiento (debido al campo abierto) y excesiva formación del arco inductivo durante la conmutación, restringe el empleo de dichos proyectos.

El diseño básico de la Figura No. 3c da origen al circuito de onda completa bidireccional, mostrado en la Figura No. 6, que emplea doble número (12) de SCR's.

Las entradas de desfase o de disparo a_1 - a_2 , b_1 - b_2 , c_1 - c_2 darán lugar a la rectificación de onda completa de la entrada trifásica desde cero al máximo de la tensión de salida de c.c. de la Figura No. 6. Análogamente, las entradas x_1 - x_2 , y_1 - y_2 Y z_1 - z_2 darán lugar a la rectificación de onda completa en el sentido contrario produciendo polaridad positiva en la escobilla inferior.

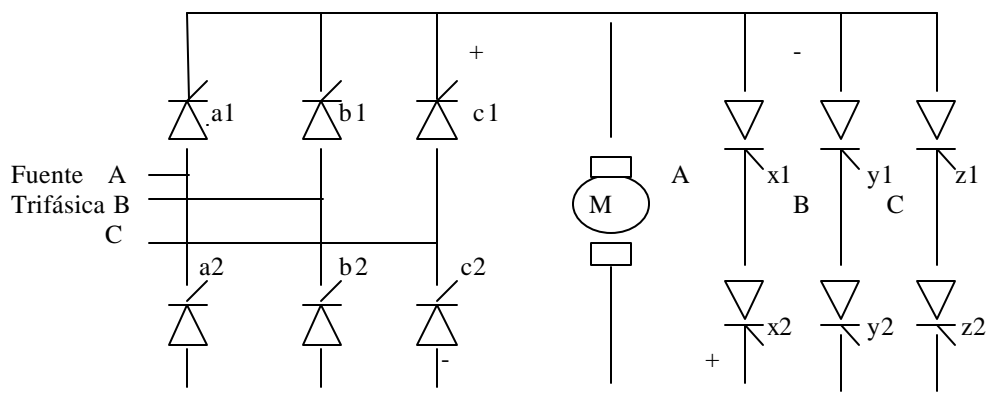


FIGURA No. 6 CONTROL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO BIDIRECCIONAL EMPLEANDO SCR's, A PARTIR DE UNA FUENTE TRIFÁSICA

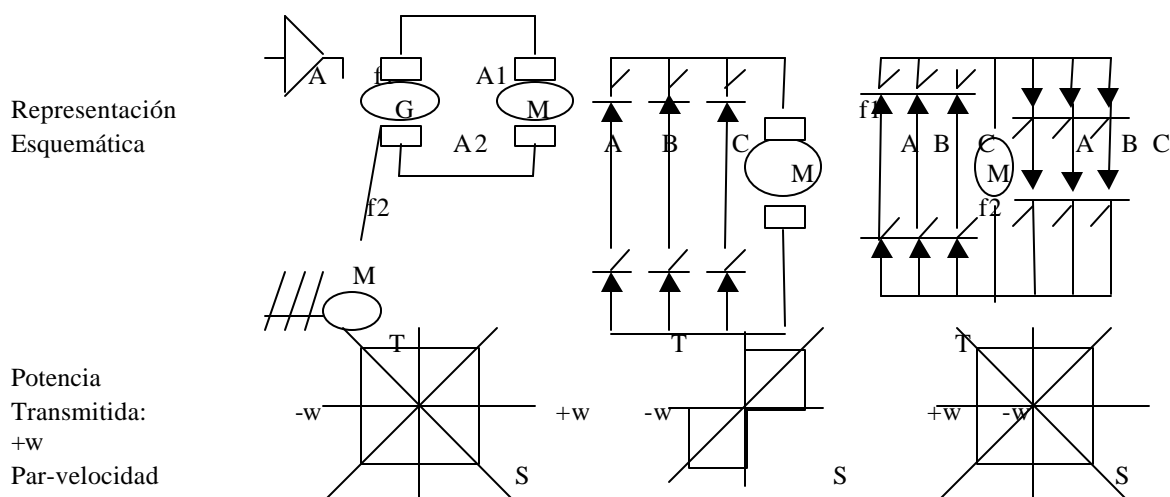
Aún cuando el circuito de la Figura No. 6 tiene doble número de SCR's en comparación con el de la Figura No. 3c, y a pesar de su coste más elevado, aporta dos ventajas importantes. Primera, proporciona un control suave de la velocidad y con buena regulación de la misma en cualquier sentido de giro desde el reposo, sin zonas muertas. Segunda, se observará que el control unidireccional del SCR no es generalmente adecuado para sistemas que requieren generación de potencia, porque la operación queda limitada a solo dos cuadrantes en el diagrama par-velocidad, mostrado en la (Figura No. 6). De esta forma, el circuito bidireccional de la Figura No. 6 proporciona operación "inversora" y regeneración de potencia, así como frenado dinámico. Al efectuar comparaciones de coste se tendrán presentes las ventajas del SCR bidireccional sobre el conjunto unidireccional SCR.

La Figura No. 7 efectúa una comparación entre los costes relativos de los conjuntos de control de la velocidad rotativos versus los conjuntos estacionarios (estáticos) unidireccionales y bidireccionales para motores de c.c. Se observará que el conjunto bidireccional estático SCR es, en todas las formas, el equivalente del amplificador rotativo (Ward-Leonard o amplidina) con las plusventajas de tamaño más pequeño, funcionamiento silencioso, vida más larga y mejor rendimiento. Pero por debajo de 100 CV, la conducción estática bidireccional de c.c. (incluyendo el circuito de desfase) es más cara que el amplificador rotativo. Recíprocamente, por encima de 100 CV, el dispositivo de gobierno bidireccional de c.c. es de costes inferior a los amplificadores rotativos para la misma gradación de potencia. Esto se aprecia en los datos indicados en la Tabla No. 1, mostrando los porcentajes relativos de los dispositivos de gobierno rotativos y de estado sólido de c.c. fabricados y vendidos en los E.E. U.U. en un reciente estudio.

La tabla No.1 muestra la fabricación reducida de los grupos rotativos MG en la gama de 100 CV a 1000 CV debido a la reciente competencia de los dispositivos de gobierno estáticos de SCRs, a los cuales corresponde el porcentaje más elevado (25 por ciento) de todas las conducciones estáticas. Obsérvese que los grupos rotativos de MG todavía dominan el campo de potencia muy elevada (desde 1000 CV a 10.000 CV) a pesar de la disponibilidad de ignitrones y tiratrones, así mismo como rectificadores de vapor de mercurio, que podrían utilizarse preferentemente a los amplificadores rotativos. Obsérvese también que los dispositivos de gobierno estáticos de c.c. de estado sólido cubren corrientemente una gama más amplia de potencia que los amplificadores rotativos. Los últimos se prefieren en general y principalmente en las gamas de potencia más elevadas, por encima de 1000 CV.

Es de esperar que los perfeccionamientos en los dispositivos y en la tecnología de estado sólido irán extendiendo el reemplazo de los amplificadores rotativos por grupos prefabricados de estado sólido, de control estático de los motores de c.c.

Conducción	Grupo MG (Ward-Leonard) o Amplidina	SCR Unidireccional de onda completa, trifásico	SCR bidireccional de onda completa, trifásico
Circuito Detallado		Figura No. 3c	Figura No. 6



Velocidad y Control de Posición	Universal (de cero A la nominal, en Cualquier sentido	Solamente control en 2 cuadrantes. Conmutación de f1-f2 requerida para el control en 4 cuadrantes	Universal
Factor de Coste normalizado	1.0	Menor que 1.0 a cualquier potencia (en hp=	Inferior a 100 hp más de 1.0 Por encima de 100 hp, inferior a 1.0

FIGURA No. 7 COMPARACIONES ENTRE LAS CONDUCCIONES DE MOTORES DE C.C. ROTATIVAS Y DE ESTADO SÓLIDO

TABLA No. 1. PORCENTAJE DE LOS DIVERSOS TIPOS DE CONDUCCIONES VENDIDAS COMO PARTES DE SISTEMAS ESPECIALES SEGÚN LOS HP NOMINALES

TIPO DE CONDUCCION	0-1 %	1-9 %	GAMA DE POTENCIA EN HP		100-999 %	1000-10.000 %
			10-24 %	25-99 %		
SCR estático De c.c.	4	17	18	18	25	18
Grupo MG Rotativo	0	15	13	20	13	39

Fuente: Control de Máquinas Eléctricas. Irvin L. Kosow. 1977

1.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE C.C. CON RECTIFICACIÓN ELECTRÓNICA

La componente de c.a. de la corriente en un rectificador monofásico de semionda excede a la de un rectificador de onda completa, que a la vez es mayor que la de un rectificador de semionda u onda completa polifásico. De esta forma, la rectificación de onda completa trifásica o hexafásica producirá una componente de c.a. de rizado más pequeña que la rectificación monofásica. Además, como que la tensión de disparo está desfasada de forma que la reactancia saturable, el amplificador magnético, el tiratrón, el ignitrón, o el SCR, producen la conducción sobre una parte muy pequeña del ciclo total c.a., también se incrementa el rizado. Cuando se emplea con el control polifásico de c.a. de onda completa, se acostumbra a rebajar la potencia de régimen de los motores de c.c. a un 90 por ciento de su potencia nominal en servicio permanente. La potencia de los motores monofásicos accionados puede rebajarse hasta un 70 por ciento. De esta forma, un motor de c.c. de potencia equivalente utilizando un procedimiento electrónico de control de la velocidad, resulta físicamente mayor en tamaño.

Las razones para rebajar la potencia de régimen son : (1) aumento de las pérdidas en el hierro producidas por el aumento de rizado de c.a.; (2) las dificultades de conmutación producidas por la elevada componente de c.a. haciendo menos eficaces los polos de conmutación (puesto que precisan de c.c.), originando sobrecalentamientos y chispas en el conmutador, y (3) más pobre regulación de la velocidad, producida por la impedancia de la c.a. en bornes del rectificador y del inducido, dando lugar a una velocidad más pequeña y

refrigeración menos eficaz del motor. Este inconveniente puede ser eliminado, sin embargo, mediante procedimientos en bucle cerrado que sensibilizan y mantienen la regulación de la velocidad.

A pesar de la disminución de la potencia de régimen y de una regulación más pobre de la velocidad en bucle abierto que caracteriza a algunos métodos electrónicos de control de la velocidad, las ventajas de los reguladores más pequeños y ligeros, que no requieren relés o contactores, o junto con la forma en que pueden adaptarse fácilmente a los servosistemas en bucle cerrado y las plusposibilidades de conmutación de estado sólido, todas ellas han conducido a una amplia utilización de este método de control.

Los dispositivos de gobierno de semionda también presentan la ventaja de ser de diseño y mantenimiento relativamente sencillos, así como de costo relativamente bajo en comparación con los dispositivos de gobierno de onda completa o trifásicos. Los inconvenientes de los dispositivos de gobierno de semionda son:

1. Saturación del transformador de alimentación, por la componente de c.c. de corriente de línea originada por el motor.
2. A cargas fuertes y bajas velocidades, el motor tiende a producir un par desigualdades durante un ciclo completo, dando lugar a pulsaciones de potencia audibles puesto que ésta se aplica una vez por ciclo y desigual velocidad del motor.

3. La potencia de régimen del motor debe ser rebajada (hasta un 70 por ciento porque la corriente presenta un elevado valor eficaz en promedio, debido a los ángulos de conducción relativamente pequeños, empleando rectificación de semionda. El empleo de un diodo Zener (denominado diodo de rueda libre) en bornes del inducido se traduce en una mejora de la operación¹
4. Por razones anteriores, los dispositivos de gobierno de semionda quedan limitados a motores de c.c. de aproximadamente 1 CV.

Los dispositivos de gobierno monofásicos, de onda completa, se encuentran en el comercio para funcionamiento a 115 V y 230 V, para motores de 1, 15, 2, 3 y 5 CV. Aún cuando son algo más costosos debido al gran número de rectificadores o SCRs empleados, no adolecen de los inconvenientes descritos antes para los dispositivos de gobierno. Las velocidades básicas normalizadas para dichos dispositivos son 1150, 1750, 2500 y 3500 r.p.m. con variación de la velocidad de hasta el 20/1 al par nominal y casi el 100/1 a pares reducidos ligeros. Los sistemas comerciales de dispositivos de mando regulables de velocidad par, que emplean un tipo tipo de sistema sensibilizador de realimentación de la tensión de inducido como medida de la velocidad de salida son capaces de regulaciones de la velocidad del tres por ciento, a la velocidad básica. Utilizando procedimientos sensibilizadores de la velocidad por tensión mediante tacómetro, se pueden conseguir regulaciones de la velocidad de hasta el 0,1 por ciento. Además del control de la velocidad, los grupos prefabricados también incluyen opciones tales como, frenado dinámico,

inversión, ajuste de la velocidad, limitación de la aceleración y extensión de la gama de velocidades por debilitación de campo.

Corrientemente se pueden conseguir dispositivos de gobierno trifásicos para motores de 1 hasta 150 CV. Los diseños más recientes funcionan a 230 ó 460 CV, con alimentaciones trifásicas, eliminación de transformadores y adaptando la tensión del motor de c.c. al valor de la tensión máxima rectificada. Como se muestra en la Figura No. 8 pueden emplearse los circuitos de doble semionda para la inversión. La bobina de reactancia del inducido, L, en serie con el mismo, tiende a reducir el rizado y a eliminar la necesidad de reducir la potencia de régimen del motor debido al excesivo calentamiento. La bobina de reactancia puede ser eliminada y no se necesitará reducir la potencia si se emplea el puente de onda completa bidireccional mostrado en la Figura No. 6. Sin embargo, este último presenta el inconveniente de utilizar doble número de SCRs.

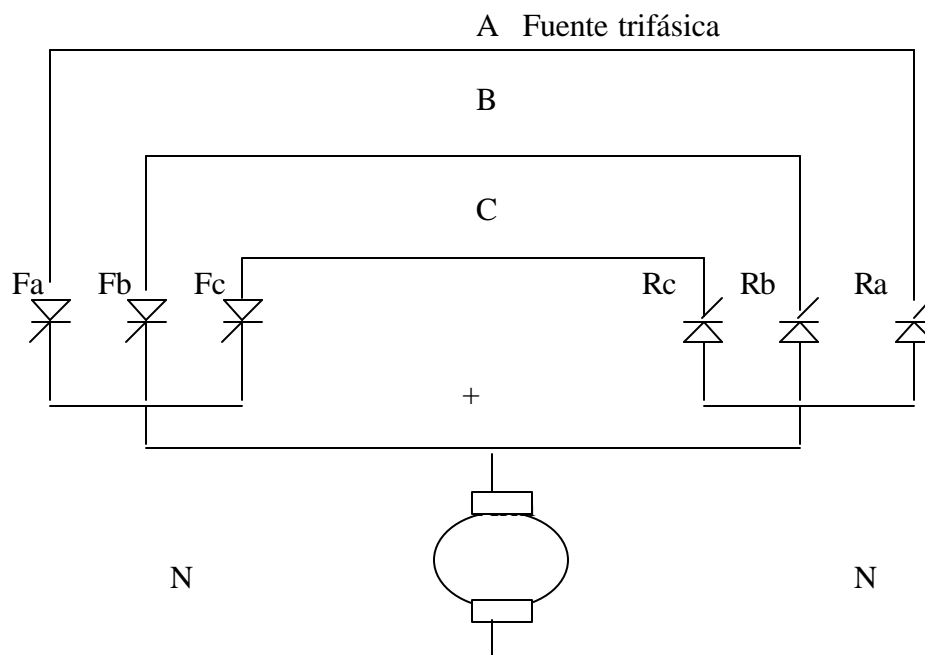


FIGURA No. 8 CONTROL BIDIRECCIONAL DE LA TENSIÓN DE INDUCIDO EMPLEANDO UN PUENTE DE SEMIONDA TRIFÁSICO Y BOBINA DE REACTANCIA EN SERIE

En los valores nominales de potencia más elevados (100 CV y mayores) los puentes de SCRs del tipo paralelo se emplean para proporcionar el valor nominal requerido de la corriente. Los grupos prefabricados comerciales aportan aproximadamente la misma (o mejor) regulación de la velocidad y disposiciones opcionales como las descritas antes para las conducciones monofásicas de onda completa. Las velocidades básicas estándar incluyen 850 r.p.m. además de las descritas antes para conducciones monofásicas de onda completa. Finalmente, según se indica en la Figura No. 7, las conducciones trifásicas de onda completa, de 100 CV, son corrientemente menos costosas, más ligeras de peso, y requieren menos espacio que los amplificadores rotativos. Además, su funcionamiento relativamente silencioso hace posible menor restricción y mayor versatilidad al seleccionar emplazamientos para su instalación.

2. ESTRUCTURA DE LOS VARIADORES ELECTRÓNICOS DE C.C.

Actualmente, para alimentar el motor con una tensión continua media U_c de valor variable, es más ventajoso utilizar un rectificador con tiristores que se alimenta de la red trifásica. Normalmente un pequeño rectificador con diodos auxiliar, proporciona la corriente constante de excitación.

La Figura No. 9 muestra el esquema básico del variador de velocidad y su control.

El rectificador MR^r alimenta el inducido del motor M . La velocidad N del mismo, medida con un dinamo tacométrica Ty , se compara con la velocidad de referencia dada por el potenciómetro Pt . La diferencia se amplifica con A antes de enviarla al generador de impulsos G^r de I . A este bucle de velocidad se añade un bucle de corriente: un Shunt Sh da una tensión proporcional a I_c que se aplica a la entrada del amplificador A' .

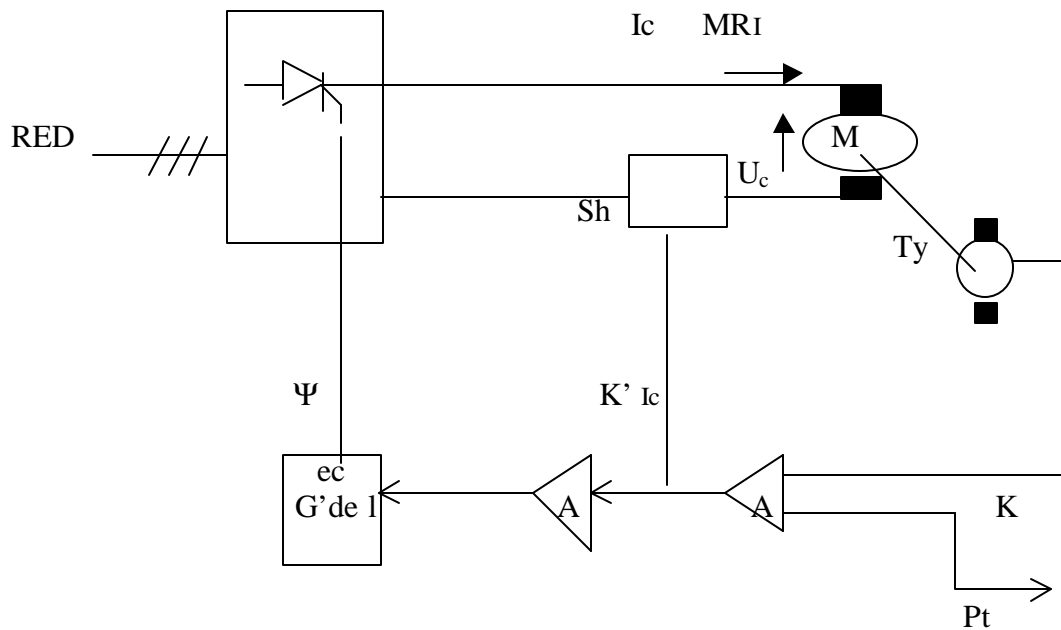


FIGURA No. 9 BUCLE DE INTENSIDAD

Se da prioridad a la acción del bucle de intensidad para que la corriente I_c no pueda sobrepasar el valor máximo fijado.

El desfase Ψ de los impulsos de cebado de los tiristores es función de la tensión de control e_c que proporciona A' . Siendo la tensión dada por un rectificador.

2.1 LOS VARIADORES ELECTRÓNICOS NO REVERSIBLES

Cuando un motor de corriente continua sólo debe girar en un sentido y la carga no requiere frenados rápidos, se utiliza un variador no reversible que sólo permite el funcionamiento de la máquina como motor en el primer cuadrante.

2.1.1 Montajes Alimentados Con Tensión Monofásica

Habitualmente sólo se alimentan con tensión monofásica los variadores de velocidad de pequeña potencia, hasta 10 kW aproximadamente. (Hay, sin embargo, la excepción importante de la tracción eléctrica).

Frecuentemente el montaje utilizado es el de puente (montaje PD2), que tiene la ventaja de no precisar transformador.

Hay dos posibilidades:

- Puente completo con cuatro tiristores (Figura No. 10a)
- Puente mixto con dos tiristores y dos diodos (Figura No. 10b)

El puente que utiliza solamente tiristores no presenta problema alguno para variar U_c de $+U_{c\max}$ a cero, puesto que sería capaz de llegar a invertirla. Por el contrario, para variar la tensión de salida del montaje mixto de $U_{c\max}$ a cero debemos aumentar el ángulo de retardo Ψ de cero a π ; sin embargo, ya se ha visto la necesidad de un ángulo de seguridad y las dificultades que presenta la conmutación cuando Ψ es elevado. Ello explica la adición del diodo volante D' que facilita la conmutación para débiles valores de U_c y por lo tanto de la velocidad.

Excepto en el caso en que debe preverse el funcionamiento a pequeña velocidad y carga débil, se adopta el montaje mixto que da un rizado de tensión rectificada más pequeño y un factor de potencia en la línea mejor, por tanto menor potencia reactiva consumida.

2.1.2 Montajes de Media y Baja Potencia Alimentados con Tensión Trifásica

En este caso también se utilizan montajes en puente para evitar el empleo de un transformador. Encontramos de nuevo dos posibilidades:

- Puente completo con seis tiristores (Figura No. 10c)
- Puente mixto con tres tiristores y tres diodos (Figura No. 10d)

El montaje mixto es más económico que el completo, sobre todo para elevada potencia, debido al hecho de que requiere la mitad de tiristores. Además la potencia reactiva tomada de la red más pequeña, teniendo el inconveniente de dar una tensión de orden tres (3) en lugar de seis(6) que da el puente completo con tiristores.

Para medianas potencias, se utiliza corriente en puente mixto, pero en general se añade una inductancia de aplanamiento en serie con el inducido del motor. Para bajas potencias, se emplea indistintamente el puente mixto con inductancia de aplanamiento o el puente completo que permite la supresión de la misma.

2.1.3 Montajes de Gran Potencia Alimentados con Tensión Trifásica

Los equipos de gran potencia se alimentan normalmente por la red trifásica bajo una tensión tal que hace preciso la utilización de un transformador reductor. Además hay que reducir el rizado de la tensión rectificada aplicada al motor y procurar no tomar demasiada potencia reactiva de la red o que la intensidad no tenga un nivel de armónicos demasiado elevado.

Hemos representado dos soluciones:

- el montaje elevador-reductor (Figura No. 10e)
- el montaje con doble puente mixto (Figura No. 10f)

Ambos emplean un transformador con dos secundarios que proporcionan sistemas de tensiones trifásicas iguales, pero decaladas. En el primero, se añade a la tensión rectificada constante dada por el puente con diodos, la tensión variable que da el puente completo con tiristores. En el segundo montaje, se suman dos tensiones rectificadas cuyo valor medio puede variar de cero a un valor de voltaje máximo.

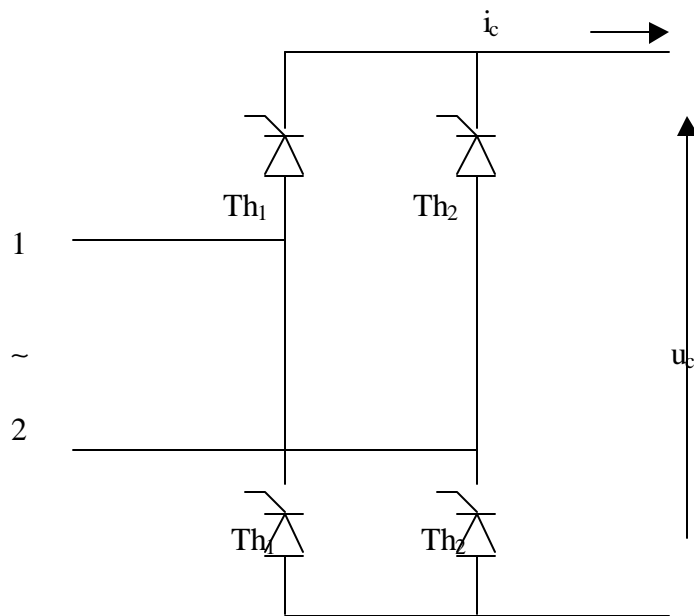


FIGURA No. 10a Puente completo con cuatro tiristores

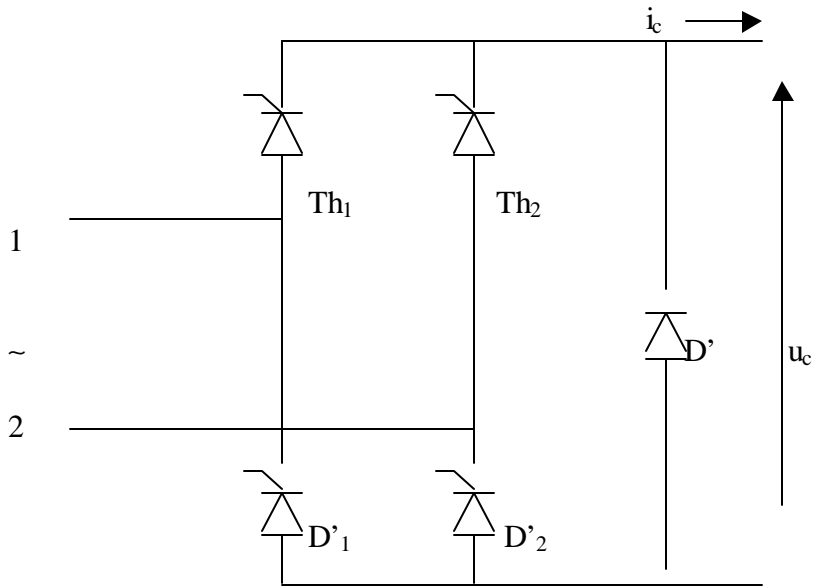


FIGURA No. 10b Puente mixto con 2tiristores y2 diodos

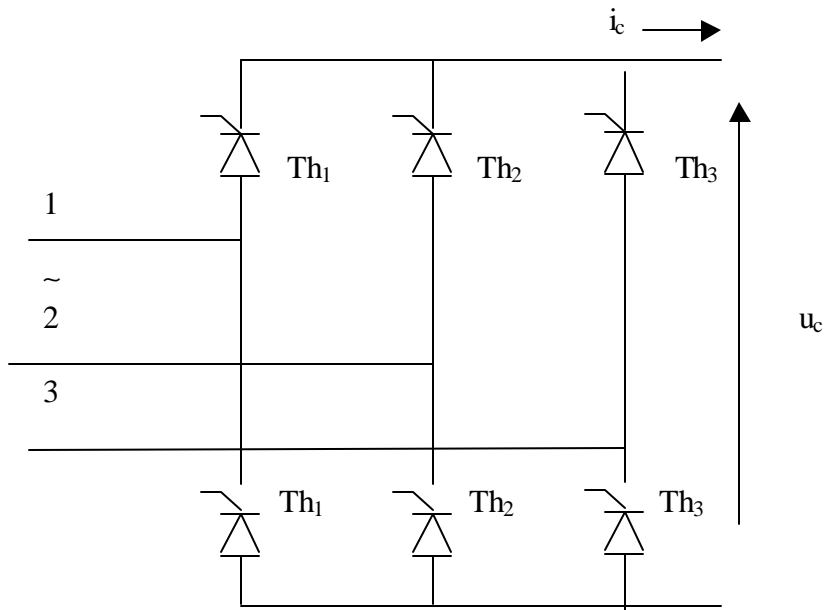


FIGURA No. 10c Puente completo con seis tiristores

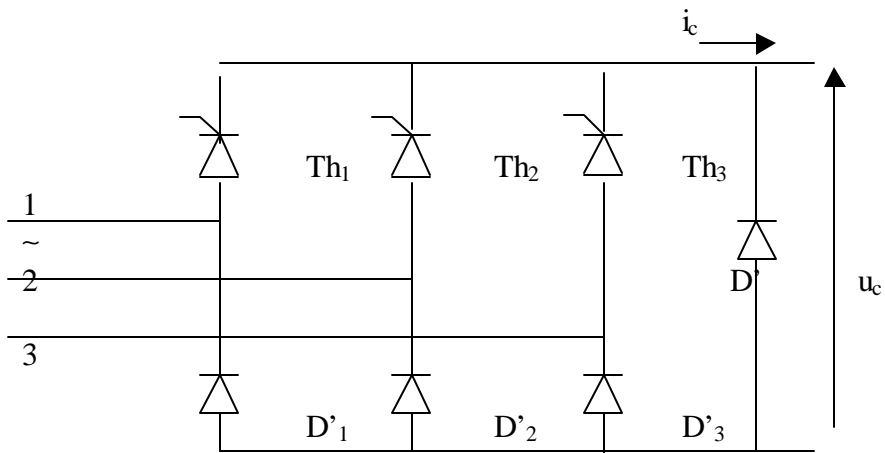


FIGURA No. 10d Puente mixto con 3 tiristores y 3 diodos

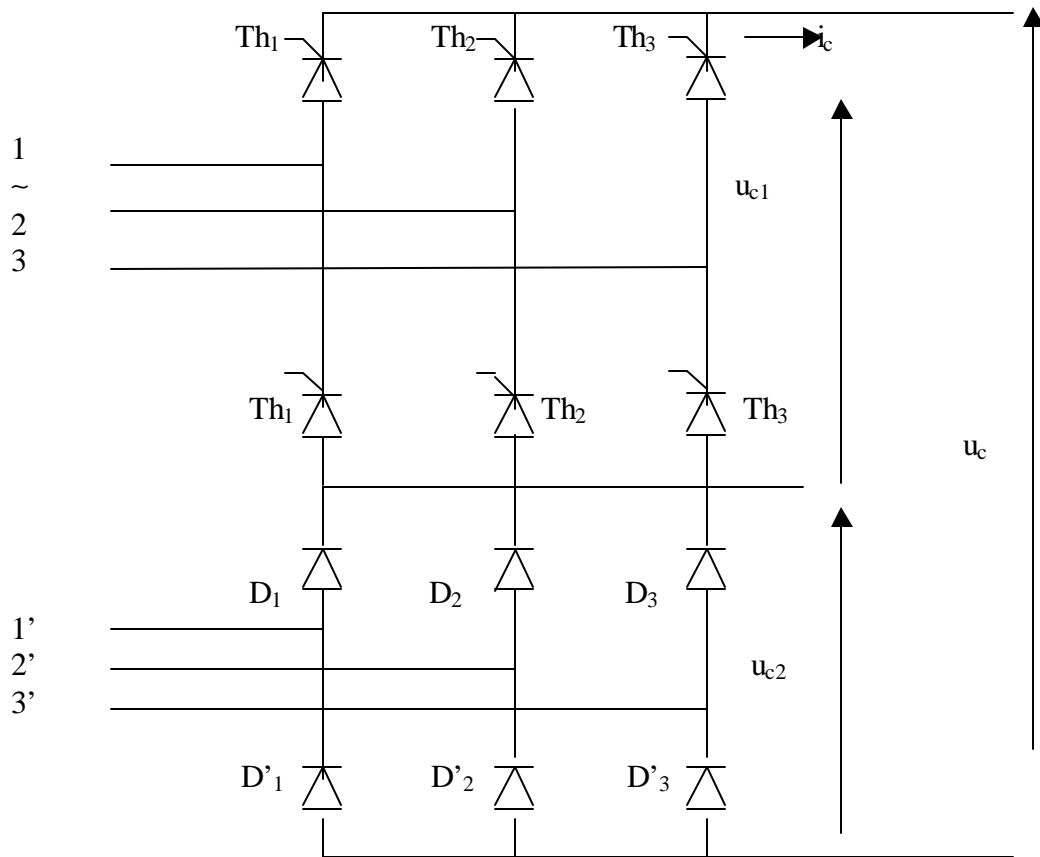


FIGURA No. 10e Montaje elevador reductor

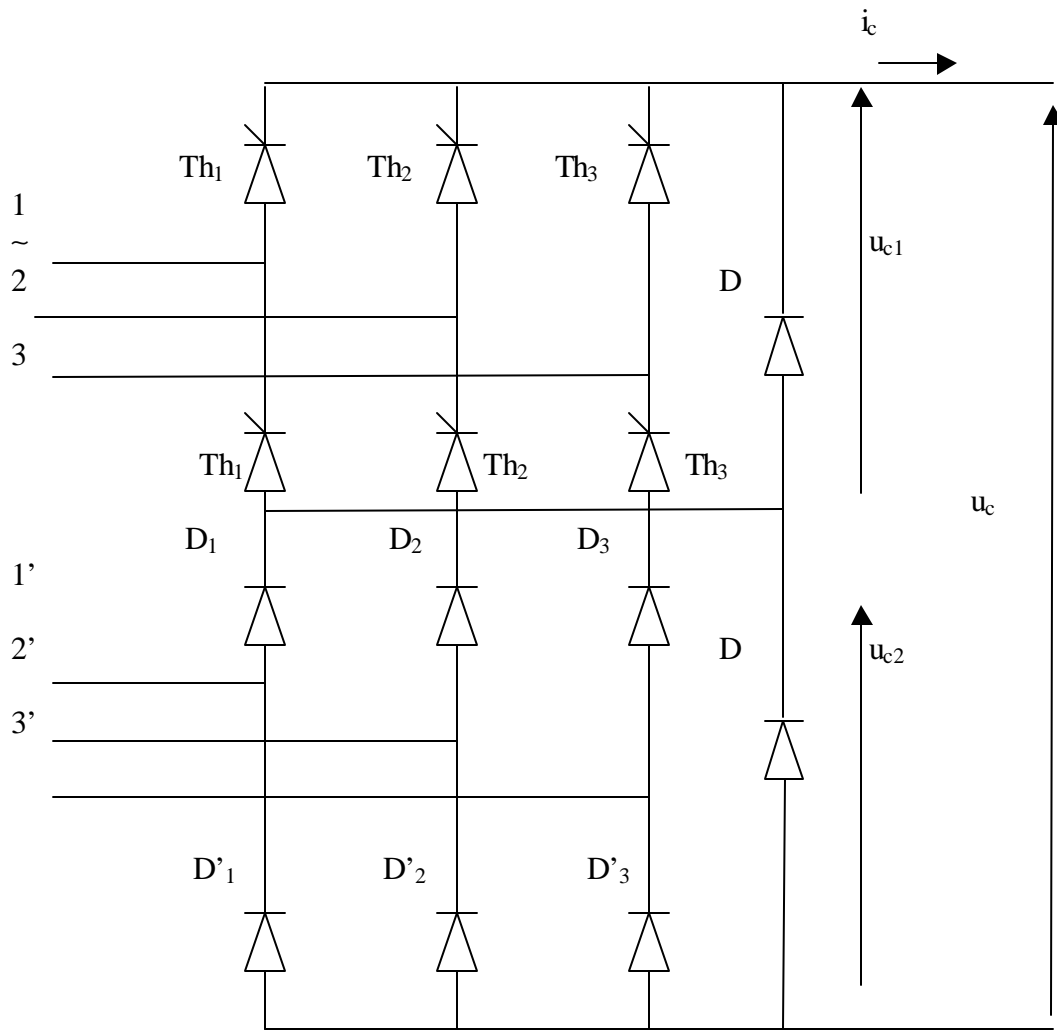


FIGURA No. 10f Montaje con doble puente mixto

2.2 LOS VARIADORES ELECTRÓNICOS REVERSIBLES

2.2.1 Observaciones Previas

Se entiende por variador reversible aquel sistema que permite la inversión rápida del sentido de giro.

Si no hace falta que la inversión del sentido de giro sea rápida, puede utilizarse un variador no reversible.

Para frenar se hace que la máquina, funcionando como generador, alimente a una resistencia y una vez parada se invierte con un interruptor mecánico el sentido de aplicación de la tensión del inducido

- Si la carga que debe arrastrarse no requiere inversión del sentido de giro, pero precisa un frenado eléctrico con envío de energía a la red. Al haber un sólo sentido de giro, hay un sólo signo para U_c , pero el hecho de haber dos pares de signo contrario, ello exige la necesidad de que I_c pueda invertirse. Como la corriente continua de un rectificador sale siempre del punto de unión de cátodos, concluimos que para frenar rápidamente, hemos de acudir a uno de los esquemas de variadores reversibles.
- La figura 11 representa los cuatro cuadrantes en los que un variador reversible ha de poder asegurar su funcionamiento:

Cuadrante 1: funcionamiento como motor con sentido de giro directo

$$N > 0 \qquad U_c I_c > 0$$

Cuadrante 2: funcionamiento en régimen de recuperación de energía con sentido de giro directo

$$N > 0 \qquad U_c I_c < 0$$

Cuadrante 3: funcionamiento como motor con sentido de giro inverso

$$N < 0$$

$$U_c I_c > 0$$

Cuadrante 4: funcionamiento en régimen de recuperación de energía con sentido de giro inverso

$$N < 0$$

$$U_c I_c > 0$$

El ciclo completo de trabajo consiste en pasar de un cuadrante a otro en el orden en que se les ha enumerado: arranque en sentido directo (cuadrante 1); después de una fase de trabajo como motor en sentido directo, frenado (paso de 1 a 2); cuando la velocidad se anula, paso de 2 a 3; después de una fase de trabajo en sentido inverso, paso a 4 para parar la máquina y pasar a 1 para el ciclo siguiente.

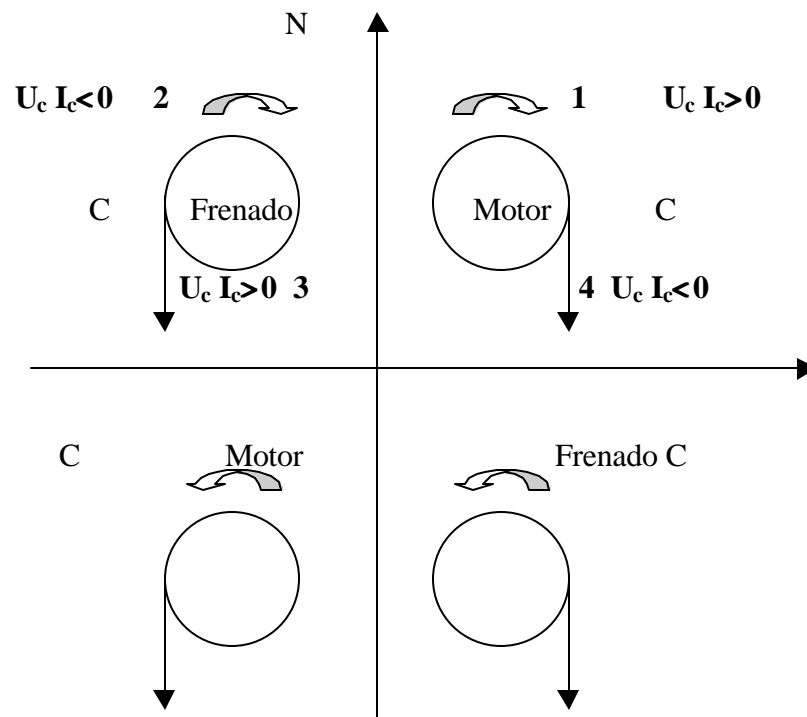


FIGURA No. 11 FUNCIONAMIENTO DE UN VARIADOR EN LOS CUATRO CUADRANTES

- Son posibles tres montajes:

Montaje con inversión de la corriente del inducido

Montaje reversible, antiparalelo.

Todos ellos utilizan un montaje solamente con tiristores que permite la inversión de la tensión U_c ; difieren a la realización del paso entre los cuales 1 y 2 o 3 y 4. La rapidez con que efectúan estos pasos permitirá clasificarlos.

2.2.2 Montaje con inversión de la corriente del inductor

El inducido se alimenta con un solo rectificador formado únicamente con tiristores (puente de cuatro tiristores para un circuito monofásico, puente de seis tiristores para un sistema trifásico, es lo mas usual). La inversión del par se realiza invirtiendo la corriente del inductor.

El funcionamiento en los cuadrantes 1 y 4 estará asegurado para un sentido de flujo, mientras que el de los cuadrantes 2 y 3 para el sentido del flujo opuesto figura No 12. La inversión de la intensidad I_c en el inducido sea nula. Normalmente se realiza con dos pequeños rectificadores montados en antiparalelo alimentando al inductor en un sentido o en otro.

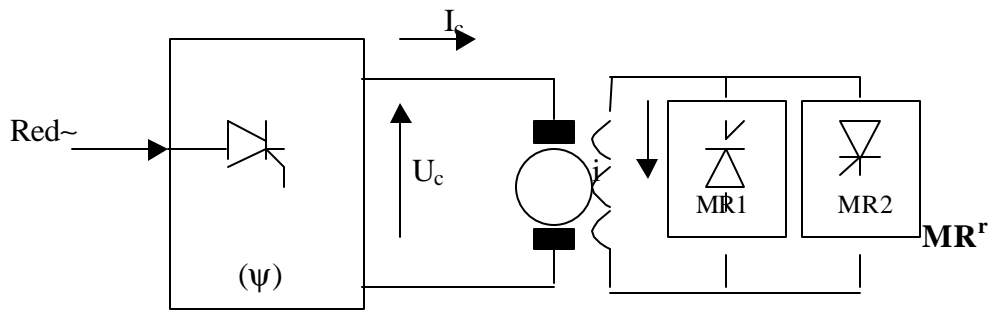


FIGURA No. 12 MONTAJE CON INVERSIÓN DEL PAR (INDUCTOR)

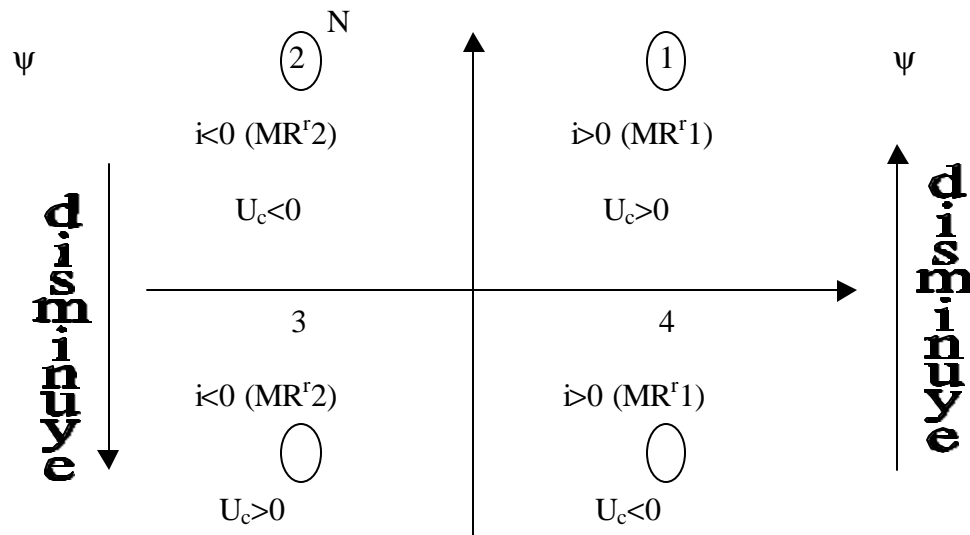


FIGURA No. 12 MONTAJE CON INVERSIÓN DEL PAR (INDUCTOR)

Esta solución sencilla y económica sólo es utilizable cuando se pueden aceptar tiempos muertos de inversión del par bastante elevados (desde 0.5 segundos a algunos segundos), pues, debido a la constante de tiempo del inductor, la inversión de la corriente (i) no puede ser rápida.

2.2.3 Montaje con Inversión de la Corriente del Inducido

El inducido se alimenta también con un rectificador que solamente utiliza tiristores; la inversión del par se obtiene invirtiendo la corriente I_c con ayuda de un contactor bipolar Figura No.13.

La posición 1 del contactor corresponde a una I_c igual a I'_c , por tanto positiva, y al trabajo en los cuadrantes 1 y 4. La posición 2 da I_c igual a $-I'_c$ y garantiza el funcionamiento en los cuadrantes 2 y 3.

La inversión del contactor sólo debe hacerse cuando la intensidad sea nula. El tiempo muerto de inversión del par correspondiente al tiempo de detección de la intensidad nula más el tiempo de respuesta del sistema mecánico; varía entre 0.1 y 0.3 seg.

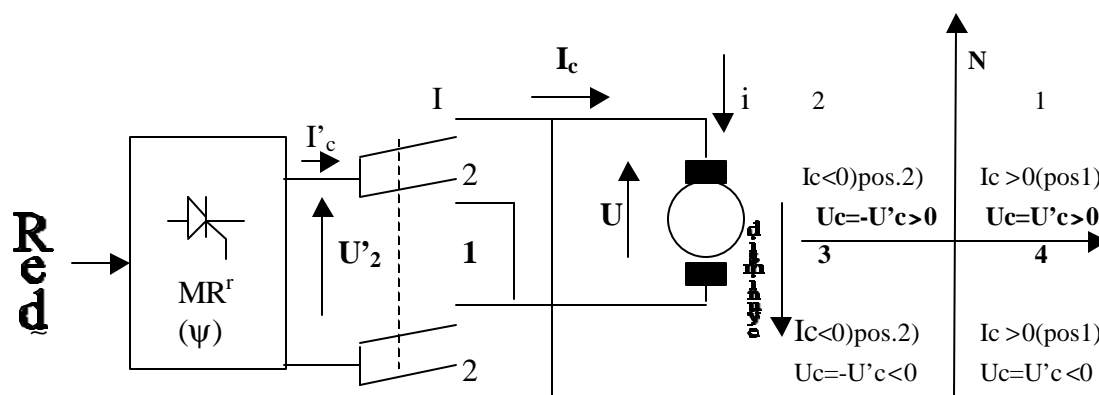


FIGURA No.13 MONTAJE CON INVERSIÓN DEL PAR (INDUCIDO)

Con este procedimiento se consigue la inversión del par en un tiempo menor al que se conseguiría invirtiendo el campo inductor, pero se ponen en juego dispositivos mecánicos,

lo que da menor fiabilidad al sistema al tiempo que requiere un mayor mantenimiento, sobre todo si el número de inversiones es elevado.

2.2.4 Montaje Reversible "Antiparalelo"

Para poder efectuar inversiones muy rápidas (5 a 20 mseg), con un equipo totalmente estático, deben utilizarse dos rectificadores principales sólo con tiristores.

Ambos rectificadores se montan en bornes del inducido, en antiparalelo. Habitualmente se utiliza el montaje "antiparalelo" Figura No. 14a con alimentación de dos puentes completos con seis tiristores para la misma acometida (red o secundario del transformador). Puede también utilizarse un montaje "en cruz" que realiza la alimentación de dos puentes con dos secundarios de un mismo transformador Figura No. 14b.

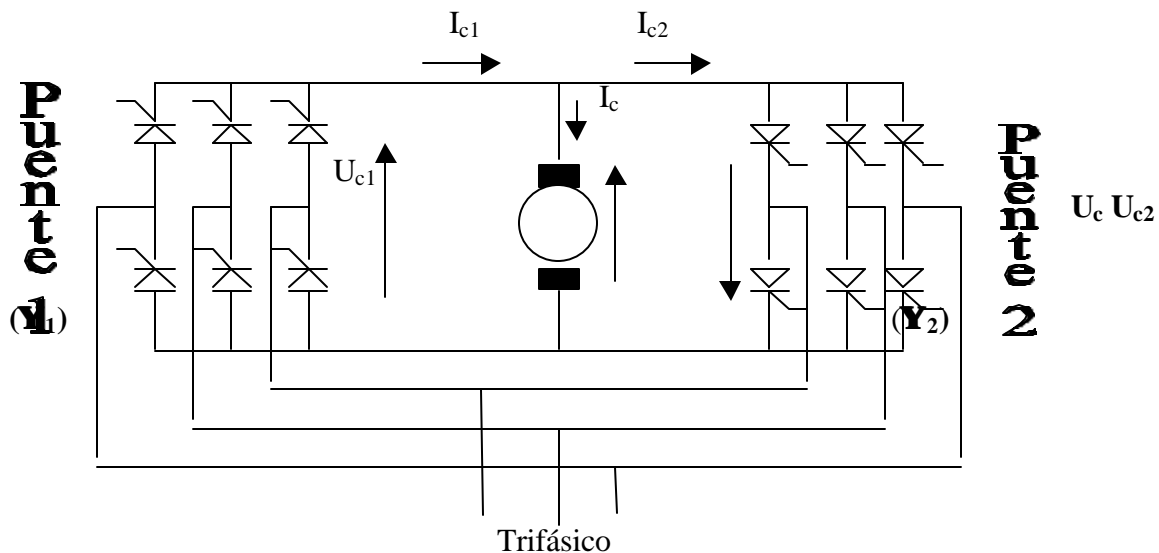


FIGURA No. 14a MONTAJE REVERSIBLE (ANTIPARALELO)

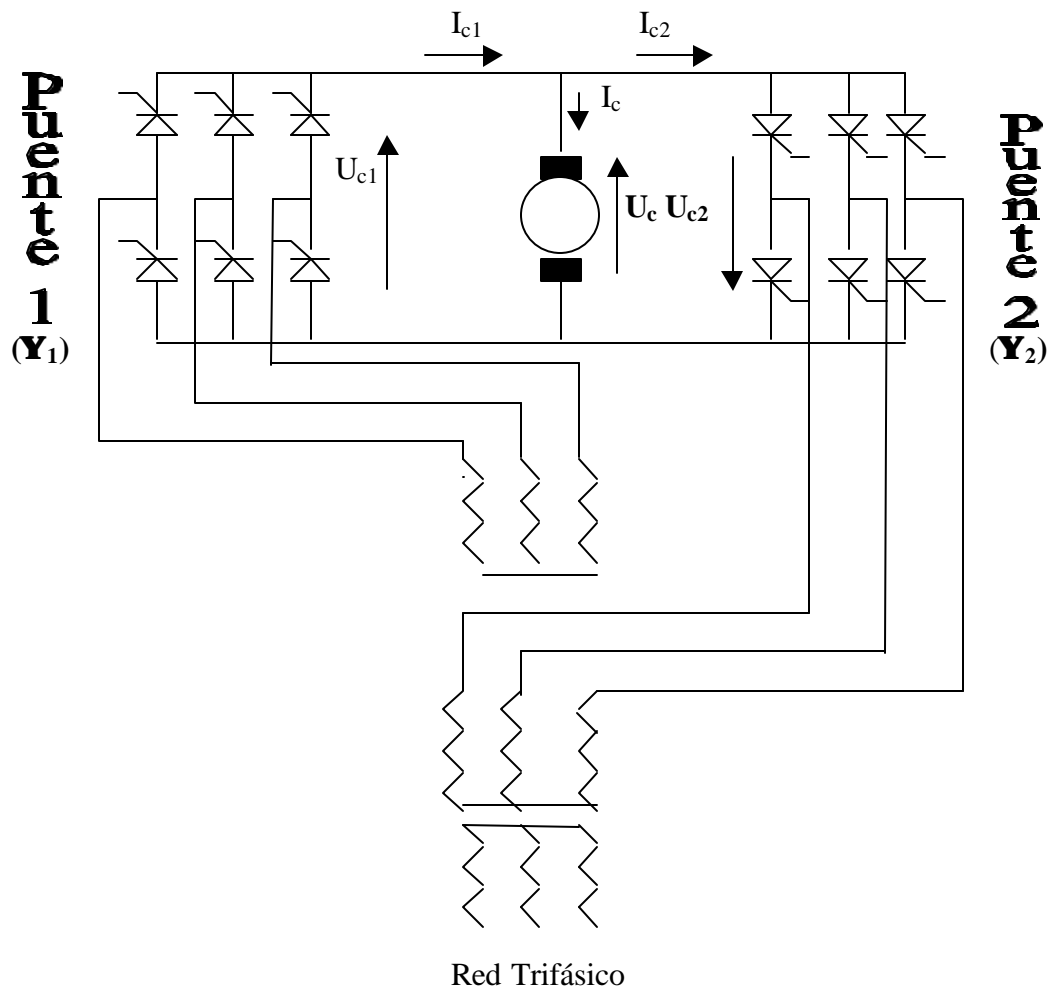


FIGURA No. 14b MONTAJE REVERSIBLE (ANTIPARALELO)

El puente 1 hace que sea posible el trabajo en los cuadrantes 1 y 4, mientras que el puente 2 lo hace posible para los cuadrantes 2 y 3 Figura 15.

Según el modo de controlar los semiconductores de los dos puentes, puede distinguirse dos tipos de variadores:

- Con corriente de circulación.
- Sin corriente de circulación.

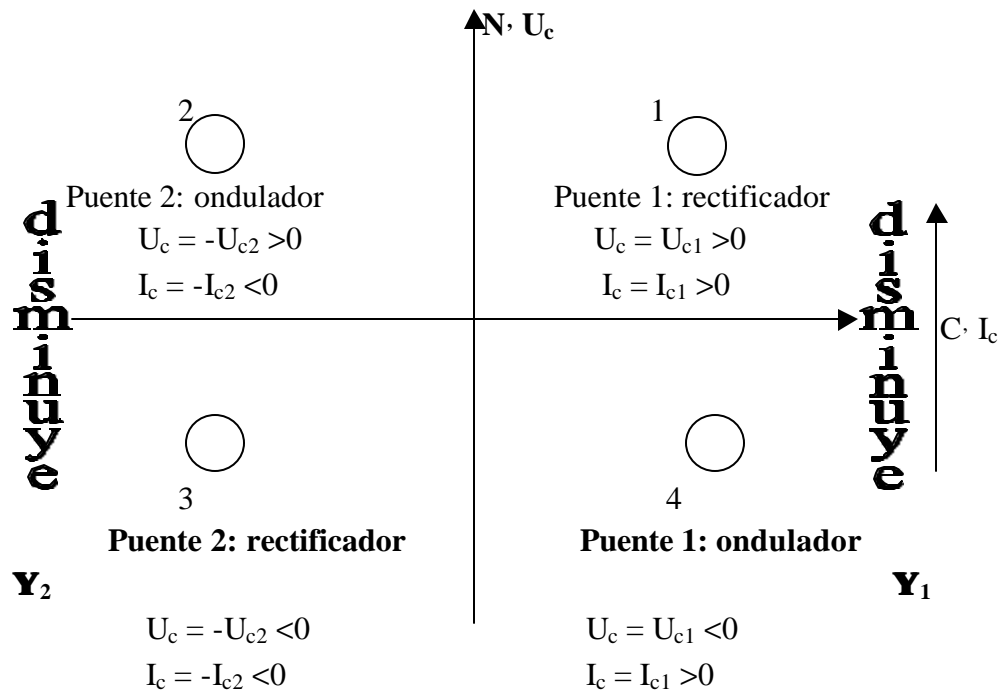


FIGURA No. 15 FUNCION (ANTIPARALELO)

2.2.5 Montaje con corriente de circulación

En esta técnica de realización del montaje reversible antiparalelo, se controlan permanentemente los semiconductores de los dos puentes de forma que den siempre tensiones rectificadas medias iguales en bornes del motor.

Desde el punto de vista de tiempo de inversión del par, este montaje es el mejor debido a que no presenta tiempo muerto. Como las dos tensiones son iguales, cuando la corriente I_c pasa de positiva a negativa, la máquina en lugar de recibir la corriente del puente 1, la recibe del puente 2, e inversamente.

Pero los valores instantáneos de las dos tensiones aplicadas al motor no son iguales. La diferencia es alterna, la frecuencia igual a seis veces la de la red de alimentación. Esta diferencia hace circular una corriente por las ramas del puente y las fases de alimentación.

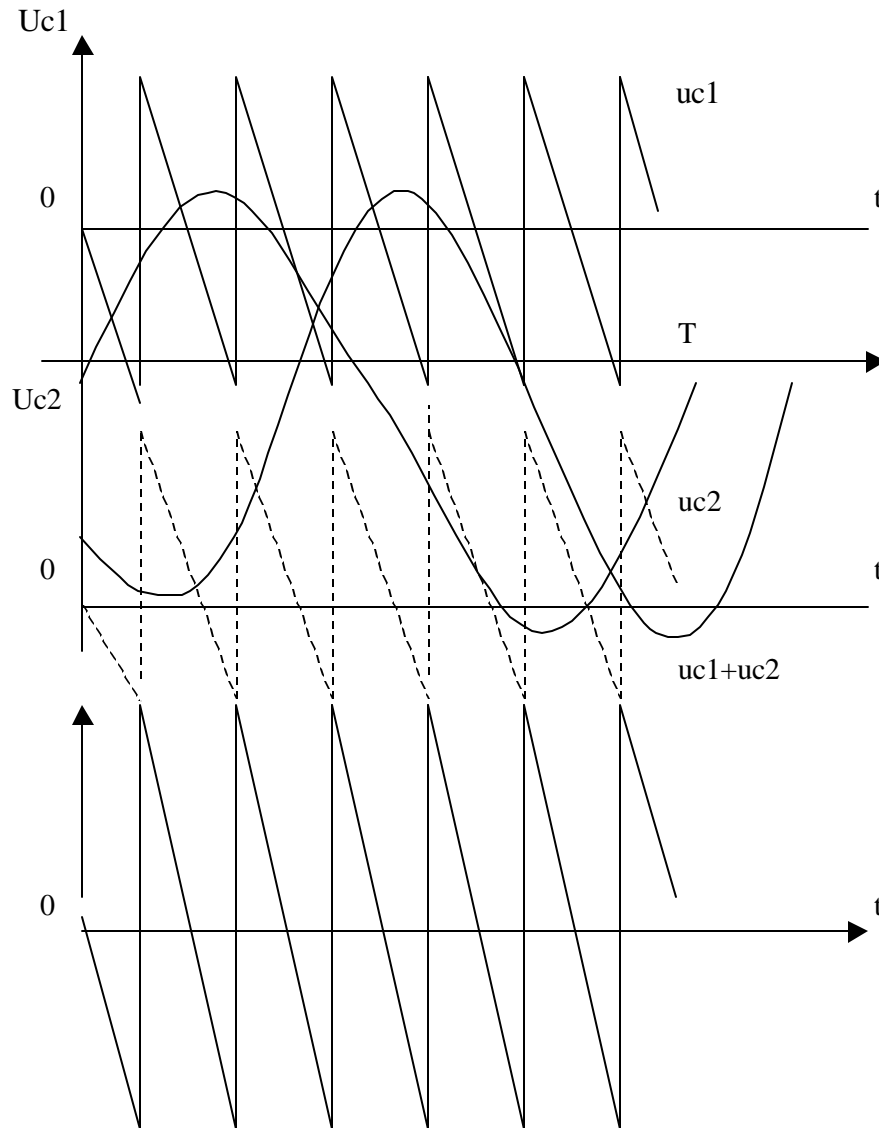


FIGURA No.16 CORRIENTE DE CIRCULACIÓN

Para limitar la corriente de circulación deben colocarse inductancias en el bucle de continua. Tal limitación es más fácil de conseguir en el montaje "en cruz" que en el montaje "antiparalelo".

2.2.6 Montajes sin corriente de circulación

Para evitar añadir inductancias, generalmente se prefieren métodos de control que introducen un pequeño ángulo muerto pero suprimen la corriente de circulación.

Pueden utilizarse dos métodos:

- Montaje con Lógica de Conmutación: Como la alimentación del motor sólo requiere la conducción de un puente, se bloquea el que no está en servicio dejando de enviar impulsos a la puerta de sus tiristores.

El bloqueo de un puente sólo debe producirse cuando se anula su corriente. La determinación, en función de la referencia de corriente, del puente que debe bloquearse y del que debe cebarse cuando I_c se anule, se hará con una lógica sencilla. En este montaje aparece un tiempo muerto que puede ser reducido fácilmente a algunos milisegundos.

- Montaje con Banda Muerta: Los tiristores de los dos puentes reciben permanentemente señales de cebado, pero se suprimen las corrientes de circulación haciendo unidireccional la diferencia de las tensiones que tienden a suministrar ambos puentes. Para ello basta, cuando un puente es conductor, controlar los semiconductores del otro con un retraso. Cuando el puente 1 conduce, ningún tiristor del segundo puente puede conducir. El tiempo muerto corresponde a la reducción rápida necesaria para llevar, cuando I_c se anule, el ángulo de retardo del puente "inerte" da el valor que le permite alimentar la máquina.

2.3 LA REGULACIÓN

Para efectuar un determinado con unas prestaciones dadas, es sistema ha de estar realimentado. El primer papel de un sistema de regulación es obligar a la magnitud o magnitudes realimentadas ('salidas' del sistema) a conservar valores tan próximos como sea posible a los que se consideren como ideales. Estos valores ideales, o teóricos, son a su vez funciones de las magnitudes de entrada del sistema: "referencia" y "perturbación". Si procedemos de forma que como entradas suplementarias utilizaremos funciones de las magnitudes de salida, habremos creado un "bucle cerrado", o un control con realimentación, inversamente, si no hay retorno de la salida hacia la entrada, se habrá hecho un sistema en bucle abierto: ejemplo: control del acelerador de un coche).

Hay tres razones para utilizar el control con realimentación. En primer lugar, es el medio más cómodo para realizar las relaciones deseadas entre la entrada y la salida. En segundo lugar, permite compensar de forma interna las imprecisiones y las derivas de las características de los componentes del sistema. Por último, y es el punto que normalmente se considera más importante, al menos desde el punto de vista del explorador, minimiza las perturbaciones que, procedentes del exterior del sistema, afecta a la salida.

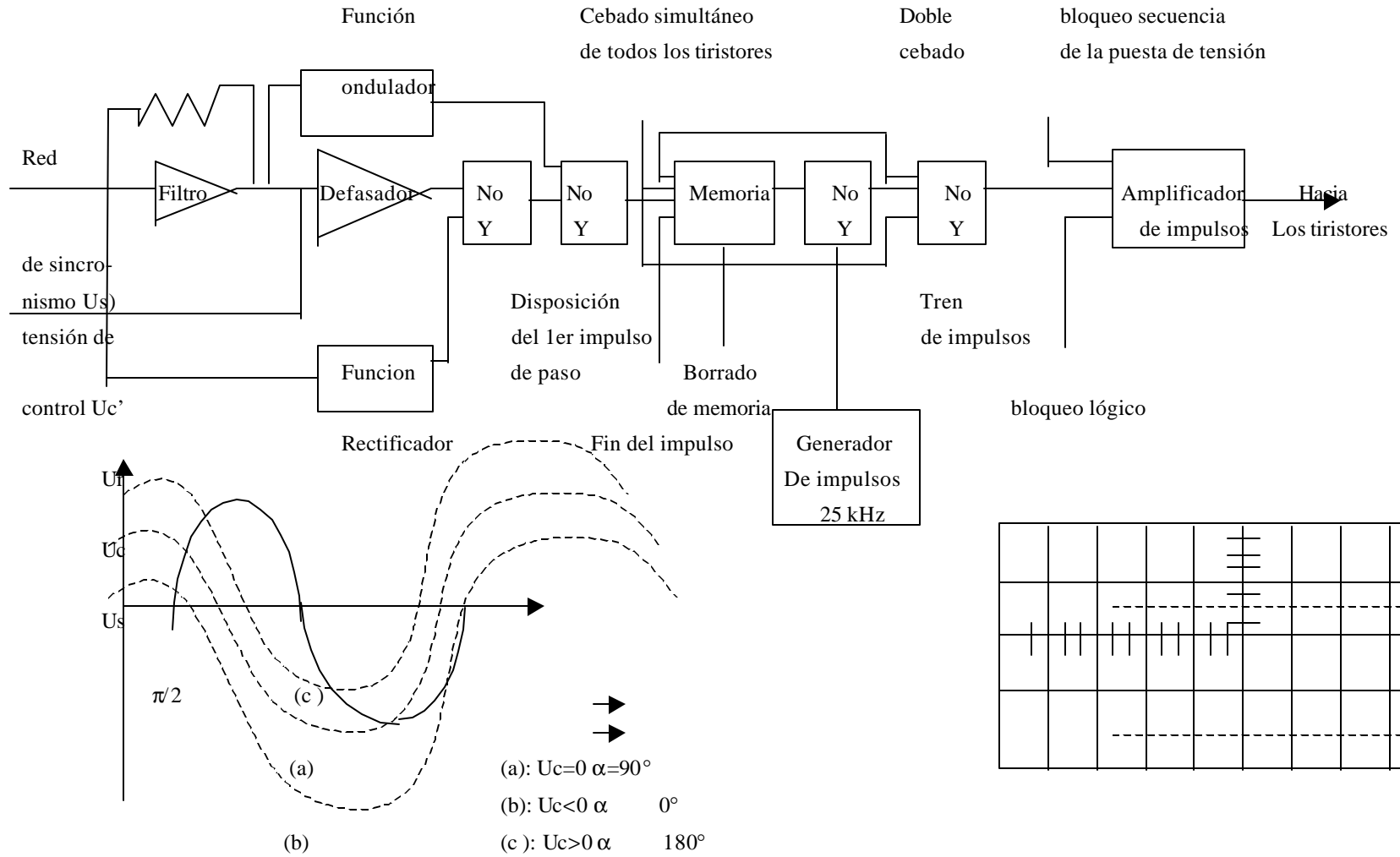


FIGURA No 17 ESQUEMA DEL CIRCUITO DE CONTROL Y FORMA DEL TREN DE IMPULSOS

2.3.1 Funciones de un Regulador

A un regulador no sólo se le pide hacer coincidir el valor de la variable primaria, por ejemplo la velocidad, con una magnitud de referencia, sino también realizar un cierto número de funciones, necesarias para el buen comportamiento de la máquina:

- a) Limitación de las magnitudes críticas: como la corriente o la tensión de inducido. Esta es una función de protección
- b) Control preciso de las variables de forma que se eviten evoluciones excesivamente rápidas de las mismas. Por ejemplo, el control del gradiente de corriente en un inducido es necesario para obtener una conmutación, y como consecuencia para mantener el colector en buen estado.
- c) Paso sin golpe de un modo de control a otro. Así, la conmutación de la regulación de velocidad con limitación de corriente a la regulación de corriente debe hacerse sin brusquedades
- d) Ajuste y optimización fáciles de un bucle de control, independientemente de los otros. Eso es indispensable en el periodo de puesta en servicio y también en el caso en que nos viéramos obligados a cambiar un regulador, o incluso de modificar sus funciones

NOTA: para los motores de potencia fraccionaria, podría ser suficiente en ciertos casos de aplicación, un único bucle de velocidad sin limitación de corriente

2.3.2 Principios de regulación

Hoy en día se emplean, esencialmente, tres conceptos de sistemas realimentados:

- 1) La regulación en bucles convergentes
- 2) La regulación lineal con bucles múltiples o en cascada
- 3) La regulación con bucles en paralelo, o de conmutación paralela.

a) Regulación en bucles convergentes:

Un sistema convergente está formado por un solo regulador de velocidad provista de una limitación de la corriente de inducido. La señal de reacción proveniente de la variable realimentada principal (velocidad) está presente constantemente en la entrada del regulador.

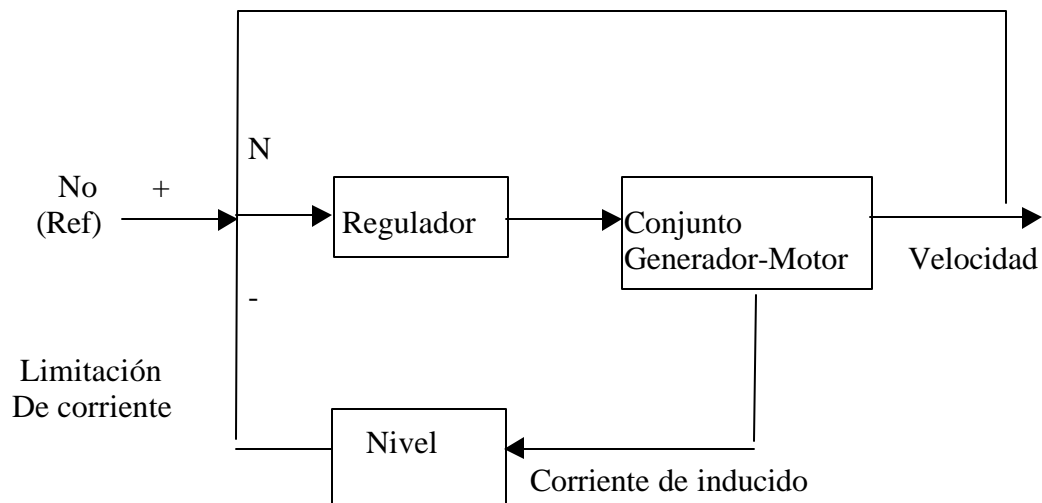


FIGURA No. 18 REGULACIÓN CONVERGENTE

La señal secundaria (corriente), se compara un umbral, y en alguna manera se bloquea mientras no se alcanza el valor de limitación. Por encima del umbral, el exceso alcanza la entrada del regulador y contrarresta la señal de retorno de velocidad, tendiendo así a limitar la corriente de inducido. Este sistema presenta un cierto numero de inconvenientes como son:

Hay solo un regulador para dos variables, y mayor trabajo para ajustar las ganancias que con otros sistemas.

Es muy difícil realizar un sistema que pase sin golpe de la regulación de velocidad con limitación de velocidad las ventajas e inconvenientes del sistema de regulación en bucles convergentes se puede resumir de la forma siguiente:

- 1) Es una solución económica, que sólo necesita un pequeño numero de componentes, para controlar una variable y limitar la otra
- 2) La característica dinámica y la característica estática se influyen recíprocamente y no se pueden ajustar independientemente. La característica de limitación no puede ser vertical;
- 3) Los ajustes del regulador son el resultado de un compromiso, porque hay mas de una variable para un solo regulador;

4) A causa de las consideraciones 2 y 3, la puesta en servicio no es sencilla, requiere mucho tiempo y experiencia;

5) La transferencia entre los dos modos de funcionamiento (regulación de velocidad a regulación de corriente) es muy difícil y exige componentes adicionales.

b) Regulación lineal con bucles múltiples (sistema en cascada)

Un sistema de regulación en cascada está formado por un regulador individual para cada una de las variaciones controladas figura No 19. La variable realimentada principal (velocidad) se regula por bucle exterior. La salida de regulador del bucle interior, en este caso un bucle de corriente. Limitando la salida del regulador externo de velocidad, se limita por tanto la referencia del regulador interno de corriente y se obtiene la característica de limitación deseada.

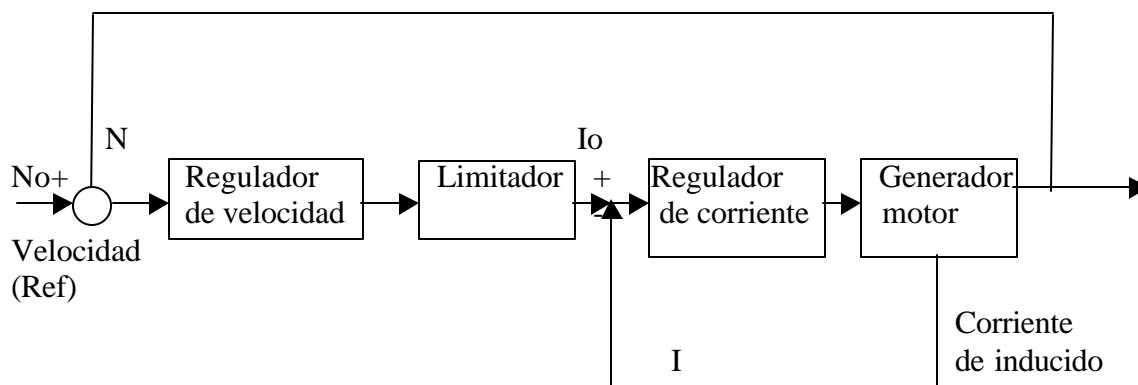


FIGURA No. 19 REGULACION EN CASCADA

Una saturación constante de la salida de regulador de velocidad da lugar a una limitación de corriente de valor constante, independientemente de cualquier otra magnitud. Se puede, y de hecho se hace que el valor de saturación de la tensión de salida de regulador de velocidad dependa de la velocidad o de la tensión de inducido: se obtiene entonces una limitación variable, que permite utilizar al máximo las características del motor. El concepto de regulación con bucles múltiples se muestra muy eficaz en el control de los motores de accionamiento de máquinas y hoy en día es el que se utiliza más frecuentemente.

Características:

- 1) Hay un regulador separado para cada una de las variables controladas. Cada bucle se puede pues ajustar al óptimo;
- 2) Se ajustan sucesivamente las características (estáticas y dinámicas) de los diferentes bucles partiendo del más interno
- 3) Se pasa fácilmente y sin golpe de un modo de funcionamiento a otro;
- 4) El estudio, cálculo y puesta en marcha son sencillos y siguen un método directo;
- 5) El bucle más externo puede tener una respuesta bastante lenta si envuelve muchos bucles internos.

c) Regulación paralela

Igual que el sistema en cascada, el sistema de conmutación paralela utiliza un regulador separado por cada variable que se ha de controlar figura No 20. Por el contrario las salidas de estos reguladores se conectan, gracias a un dispositivo de conmutación, a una salida común que es el borne de entrada del sistema de potencia que alimenta al motor. En este dispositivo, sólo un regulador está en servicio en todo momento: es la diferencia fundamental con el montaje en cascada en que todos los reguladores actúan permanentemente

En nuestro ejemplo, el regulador de velocidad sólo está en funcionamiento mientras la corriente no alcanza su valor límite. Cuando eso sucede, es el regulador de corriente el que actúa y el regulador de velocidad se conmuta fuera del circuito

El circuito de conmutación está formado por algunos componentes pasivos de estado sólido. Los reguladores mismos son los que provocan la conmutación en el momento oportuno. Se realiza rápidamente y sin golpe, tanto en un sentido como en el otro, gracias a las características de los amplificadores operacionales de los reguladores.

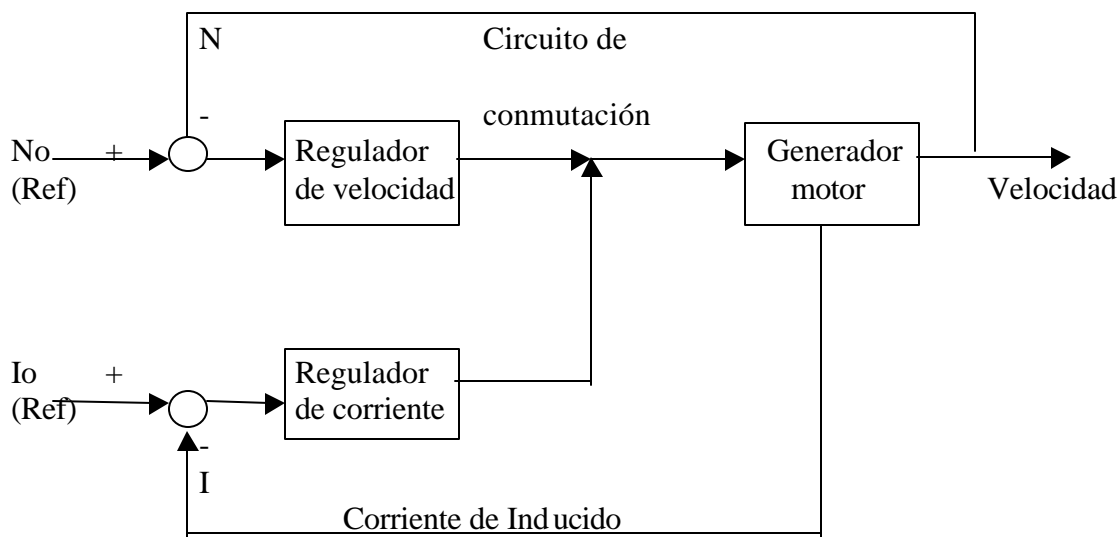


FIGURA No. 20 REGULACIÓN PARALELA

Las principales características de la regulación paralela se resumen de la siguiente forma

- 1) A cada variable bajo control le corresponde un regulador separado; cada bucle se puede regular al óptimo;
- 2) Se pueden regular las características dinámicas y estáticas de una regulación paralela independientemente unas de otras
- 3) Se puede hacer la transferencia sin golpe de un modo de conmutación a otro;
- 4) El estudio, el calculo y la puesta en servicio de los reguladores son sencillos, por el hecho de que cada bucle sea independiente con relación a los otros;
- 5) Con una relación en paralelo, se puede obtener una respuesta más rápida que con un sistema de cascada, con la condición sin embargo de que el sistema no contenga más de dos constantes de tiempo mayores.

2.4 PROTECCIÓN DE LOS CONVERTIDORES ALTERNA - CONTINUA

2.4.1 Fallos Posibles

Los fallos de los convertidores se deben a sobretensiones o sobreintensidades externas o también a fallos de componentes que pueden traducirse en sobreintensidades.

Los semiconductores (diodos, transistores, y tiristores) empleados en los grupos convertidores se pueden destruir:

- Por sobretensión, por sobrepasar la tensión inversa y para ciertos casos, por sobrepasar la tensión directa;
- Por sobreintensidad: la inercia térmica de los semiconductores es pequeña y bastan corrientes de fallo de pequeña duración, para sobrepasar las temperaturas de unión por encima de las cuales los semiconductores se deterioran definitivamente.

a) sobretensiones

Las sobretensiones pueden provenir:

- De fuentes externas (rayo, sobretensiones de maniobra en la red de alimentación);
- De maniobras de disyuntores en el transformador del grupo;

- De interrupciones de las corrientes de fallo por los disyuntores del circuito de corriente continua .

Los márgenes de tensión que se toman para los semiconductores son del orden de dos (2), permiten no tener en cuenta las sobretensiones externas, que son descrestadas por los pararrayos instalados en las redes y llegan casi siempre muy amortiguadas a los semiconductores, con la condición de que la coordinación de los pararrayos sea correcta.

No sucede lo mismo para las sobretensiones procedentes de los transformadores que alimentan a los convertidores, especialmente cuando están en vacío.

En efecto, en el momento de cortar un transformador en vacío, pueden aparecer sobretensiones bastante importantes, provocadas por la energía electromagnética almacenada en las inductancias totales de las fases de los transformadores.

b) sobreintensidades

Las sobreintensidades en un grupo convertidor, pueden tener varios orígenes:

- Destrucción de los tiristores,
- Cebados intempestivos,
- Desajuste de los circuitos de regulación,
- Cortocircuitos diversos,
- Falta de tensión

Y están clasificados en dos categorías:

- Las sobreintensidades de origen interno, provocadas por el fallo de un tiristor o de sus componentes directamente asociados e incluyendo los cebados intempestivos;
- Las sobreintensidades de origen externo, provocadas sea por el circuito de carga, sea por la red de alimentación, sea por los circuitos de control y regulación.

La diferencia esencial entre estas dos categorías, es que, en un caso, solo algunos elementos pueden ser atravesados por la corriente de fallo, mientras que en el caso, las corrientes de fallo afectan al conjunto de los brazos del puente o al menos a algunos de los brazos.

c) Fallo en inversa de los semiconductores

Viene provocado por la pérdida del poder de bloqueo de un tiristor. Se puede producir a partir del final de una conmutación, o en un momento cualquiera del periodo en el que el tiristor esté soportando una tensión inversa.

Puede estar provocado: por un calentamiento anormal, sea por una sobretensión.

La corriente que atraviesa el tiristor que ha fallado es la corriente de cortocircuito entre fases del transformador. Esta corriente se reparte entre todos los tiristores del brazo que conduce al producirse el fallo.

Es interesante señalar que en este fallo no hay participación del circuito de carga y es una de las ventajas del puente de Graëtz.

d) Cebado intempestivo

Consiste en el cebado prematuro de un tiristor o de un brazo. Puede tener dos consecuencias diferentes:

- Refiriéndose a la figura No 21, la corriente aumentará al menos momentáneamente, pero puede recuperarse el régimen de equilibrio, dependiendo de la carga y del valor del desfase provocado.

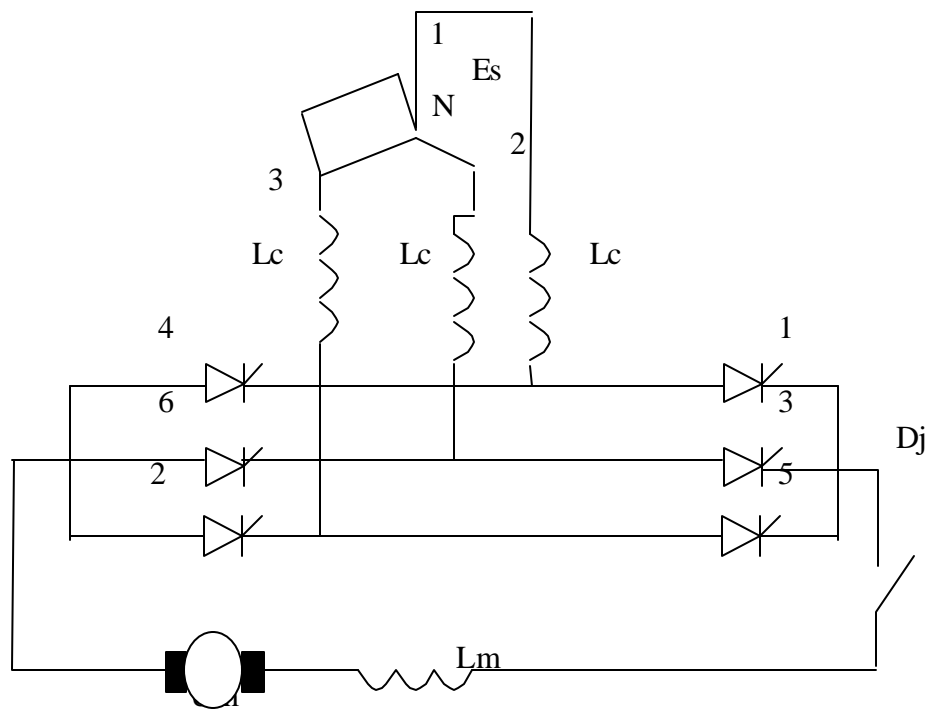


FIGURA No. 21 MONTAJE UNIDIRECCIONAL

- Refiriéndose a la figura No 22, podrá producirse un cortocircuito entre fases si el tiristor 1' se ceba mientras el tiristor 3 conduce. El cortocircuito pasa por la inductancia LL. El valor de esta corriente depende del ángulo α del inicio del cortocircuito y de la inductancia LL. Será máximo para $\alpha = 0$.

e) Falta de cebado

Este fallo da lugar a la sobrecarga de los otros tiristores en paralelo y según el numero de estos, podrá ser grave o no.

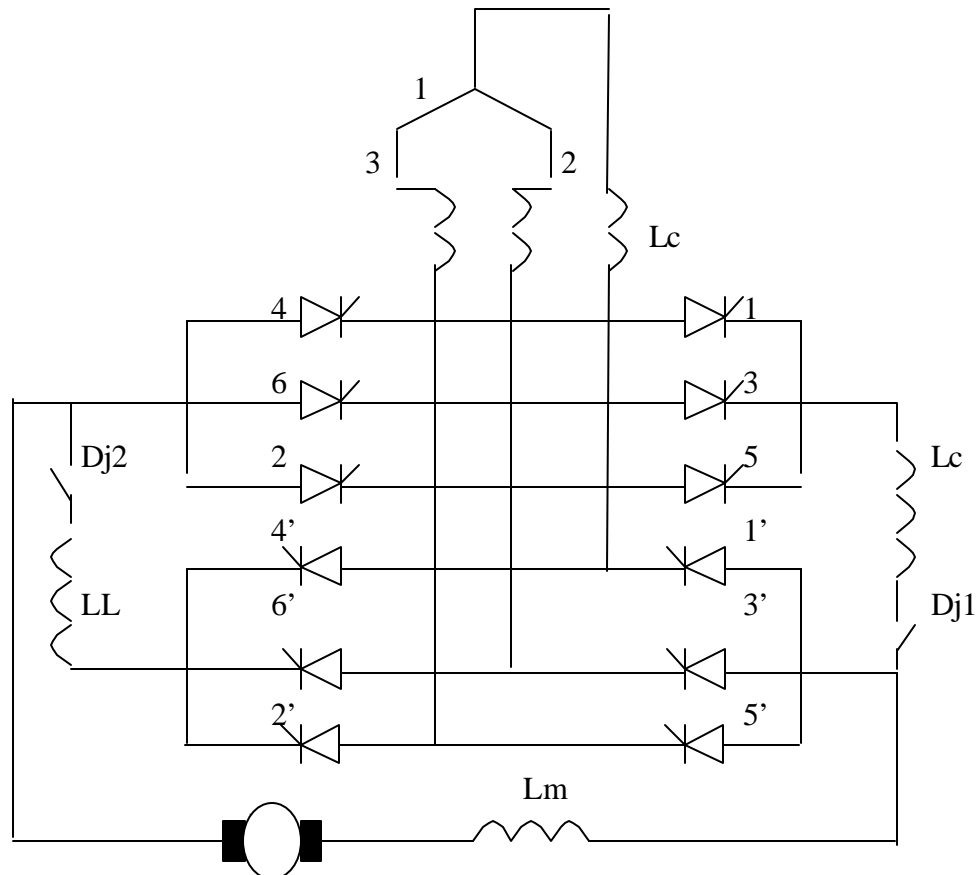


FIGURA No. 22 MONTAJE REVERSIBLE

f) Cortocircuito en bornes del motor

Este fallo provoca una corriente intensa, que se ha de interrumpir, sea por un disyuntor, sea por un contactor o también por un fusible.

g) Fallo de regulación

Este fallo se reduce, al limite, al fallo precedente. En efecto, si se aplica la tensión máxima a un motor parado, no existe ninguna fuerza electromotriz que se oponga a la tensión del grupo convertidor y se va a parar a un cortocircuito.

h) Fallo en el funcionamiento como ondulator

Se puede provocar sea por una reconmutación, sea por ausencia de tensión de red, sea por un cebado intempestivo, sea por un cebado.

2.4.2 medios de Proteccion

Globalizaremos en este capitulo, no solamente los dispositivos utilizados para interrumpir la corriente, sino también los medios propios para evitar la aparición de los fallos, lo mismo que las señalizaciones que permitan la localización rápida de un elemento defectuoso.

Los semiconductores que, como hemos ya dicho, tienen una inercia térmica muy pequeña, exigen medios de protección muy rápidos que son:

- fusibles, asociados a cada tiristor,
- disyuntores ultrarrápidos,
- Protecciones electrónicas, suprimiendo los impulsos de cebado.

a) Filosofía de las Protecciones

En un equipo convertidor, los semiconductores representan una parte muy importante del coste, por lo que interesa protegerles eficazmente.

No se debe sin embargo, bajo este pretexto, interrumpir el funcionamiento de un grupo convertidor muy a menudo, de la misma forma que una interrupción no debe conducir, siempre que se pueda, a un paro prolongado.

Estas consideraciones nos llevan a buscar una concepción ideal de las protecciones, como las siguientes

- 1) Los fusibles protegen a los tiristores en todos los casos (salvo evidentemente cuando el origen del fallo es la avería del propio tiristor);
- 2) Los fusibles, que al fundirse necesitan que se sustituyan y por lo tanto obligan a un paro del equipo, sólo deben actuar cuando se trata de un fallo interno, es decir un fallo de funcionamiento relativo a un tiristor.
- 3) Para los fallos externos, han de funcionar los disyuntores y la protección electrónica y los fusibles no se deben fundir.

El problema más difícil consiste en asegurar la selectividad entre los fusibles y los disyuntores.

b) Fusibles:

Las características de fusión de los fusibles depende de la escala de tiempo considerada.

Para tiempos largos, un fusible funde para una corriente del orden de 1.3 veces su corriente nominal. Para tiempos comprendidos entre 1 segundo y algunos minutos, la característica

de fusión es inversa al tiempo, ya que se trata del calentamiento del elemento activo del fusible.

En esta zona de funcionamiento los fusibles pueden proteger a los tiristores pero es mejor en este caso utilizar relés térmicos cuya característica evita la fusión de los fusibles y que se dañen los tiristores.

Para tiempos cortos, inferiores a 10 ms, el funcionamiento de los fusibles es adiabático y es en esta zona donde su acción resulta de interés.

c) Selectividad y Coordinación de las protecciones:

Esta noción interviene en dos casos principales:

- 1) Los fallos internos (o fallo en la inversa de los semiconductores). Supongamos que, en la Figura No. 23, un tiristor del brazo 1, pierde su poder de bloqueo; se establecerá un corto

circuito entre el brazo 3 y el brazo 1. El fusible del tiristor que ha fallado verá pasar toda la corriente, mientras que, si son n el número de tiristores en paralelo, los fusibles del brazo 3 sólo verán la n -ésima parte de la corriente.

El fusible del tiristor que ha fallado cortará la corriente y se habrá alcanzado el $\{I^2t\}$ total del fusible.

Los fusibles del brazo 3 no fundirán y se habrá logrado la selectividad; teniendo en cuenta que la relación entre el $\{I^2t\}$ total y el $\{I^2t\}$ de prearco es del orden de tres (3) o cuatro (4), vemos que la selectividad está asegurada a partir de un número de tiristores en paralelo superior o igual a 3.

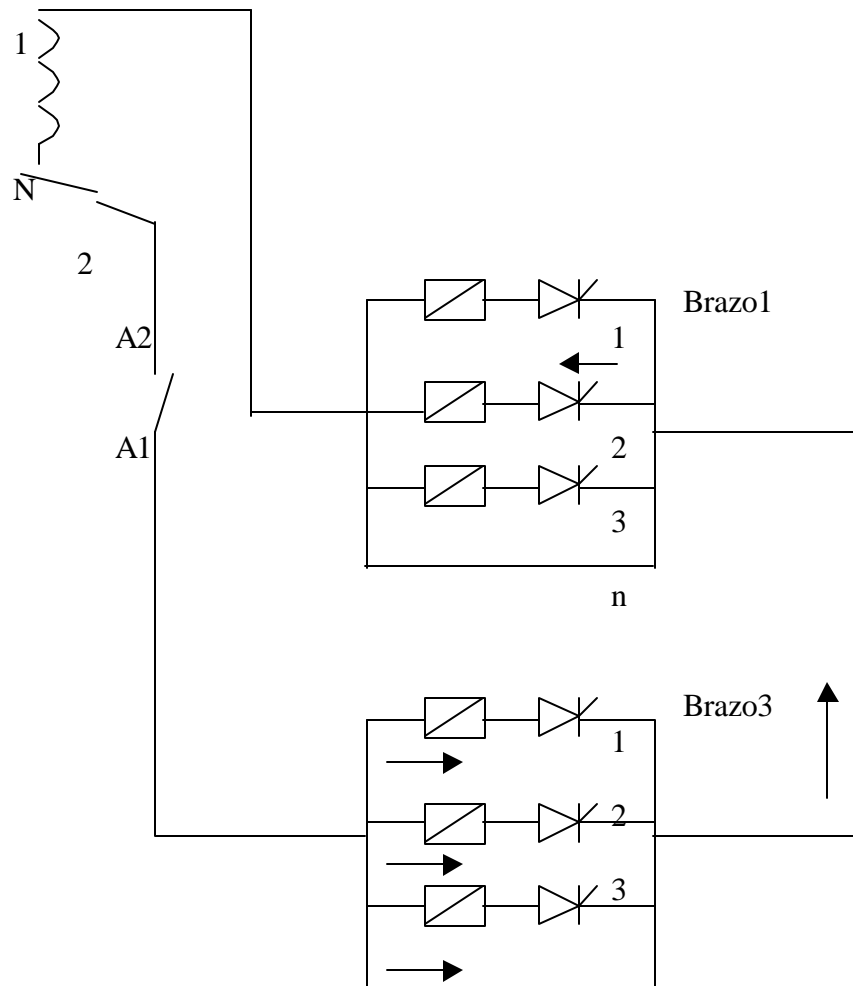


FIGURA No. 23 FALLO EN TENSIÓN INVERSA EN UN TIRISTOR DE UN BRAZO DE PUENTE CON N TIRISTORES EN PARALELO

- 2) Los defectos externos. Tanto si se trata de un cortocircuito, como si se trata de una reconmutación (fallo en funcionamiento como ondulator) se ha de hacer de forma que sea

el disyuntor y las protecciones electrónicas las que funcionen y no los fusibles. En efecto, en estos casos, el conjunto de los tiristores, o al menos dos brazos de tiristores conducen la corriente de fallo y se ha de evitar una fusión generalizada de los fusibles, cuya sustitución obligaría a un paro prolongado.

Es fácil darse cuenta que el fallo que hace soportar las condiciones más duras a los fusibles en el fallo del funcionamiento como ondulator, ya que sólo afecta a dos brazos de tiristores.

Para evitar la fusión de los fusibles, se ha de hacer de forma de forma que durante la ruptura del disyuntor, no llegue a alcanzar el $\{I^2t\}$ de prearco de los fusibles. Se ha de evitar por tanto que el gradiente de corriente no sea demasiado elevado, lo cual sólo puede realizarse si la inductancia del circuito es suficiente.

Finalmente, teniendo en cuenta las características de los fusibles, se han de calcular las inductancias de limitación (L_L) y de alisado (incluida en L_M) para que, durante la ruptura del disyuntor, no se sobrepase el $\{I^2t\}$ de prearco de los fusibles.

Es de destacar que para este fallo en el funcionamiento como ondulator, sólo el disyuntor puede interrumpir el fallo, ya que sólo dos brazos conducen corriente y no es posible bloquear a los tiristores conductores. Los disyuntores de corriente alterna, general, estos disyuntores son demasiado lentos para pretender proteger a los tiristores. Su función se limita, pues, a la protección del transformador (térmica e instantánea) y a la protección última en caso de fallo general.

3) Armónicos:

Todo rectificador genera en la red de corriente alterna armónicos de corriente cuyo rango y amplitud son funciones de la potencia a suministrar en el lado de continua, del índice de pulsación del convertidor y de la reactancia de la red. Estas circunstancias crean armónicos de tensión tanto más perjudiciales cuanto menos potente sea la red. Uno de los medios propios para reducirlos, consiste en aumentar el índice de pulsación del rectificador.

Citemos un ejemplo: La alimentación de motores gemelos de una laminadora reversible, se realiza con dos rectificadores que tienen los primarios de los transformadores de alimentación conectados uno en triángulo y el otro en estrella. Al ser las cargas de los transformadores iguales, la reacción sobre la red de corriente alterna de este conjunto es, de esta forma, equivalente a la de un grupo dodecafásico. En lugar del armónico de orden cinco (5), aparece el de orden once (11), cuya amplitud se reduce en más del 50%.

El problema de los armónicos se plantea esencialmente para los equipos de gran potencia.

3. ESTUDIO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA RECTIVAR 4 SERIE 44

3.1 CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN NOMINAL

Los variadores de velocidad RTV-44 son destinados a la regulación de velocidad en los motores de corriente continua el controlador está diseñado para el control separado de excitación independiente o imán permanente desde una fuente única de corriente alterna (AC).

El puente opera en los cuatro (4) cuadrantes entregando potencia total controlada.

Los rangos de Trabajo 6. 12. 24. 44. (Amperios)

Los rangos de Voltaje por encima de $415V \pm 10\%$. (Voltios)

Rangos de Frecuencia de Entrada $50/60 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$

Rango de Velocidad 1 a 200 con dinamotaquimétrica

1 a 20 para rotor $U \pm RI$ la precisión dependiendo del motor

3.2 CONSTITUCION

El RTV44 comprende cuatro (4) rangos de 6 a 44 A realizados con tecnología compacta.

Adentro tenemos una puerta metálica de protección, y sus dispositivos.

- Para Rangos de 6 a 12 (Amperios)
 - Tablero de control
 - Tablero de Potencia
- Para los Rangos de 24 a 44 (Amperios)
 - Tablero de Control
 - Tablero de Interfase de Potencia
 - La Parte de Potencia

3.2.1 Carta de Control

Este es común en la gama de ensamblado RTV44, tiene las siguientes características:

- Cuatro puntos de (clip on) asegurando el encendido.
- Conectores de (plug in) para la conexión externa en la parte baja del tablero.
- Principal ajuste del arranque en la misma zona.

Las funciones de la carta de control son:

- Proporciona una regulación de velocidad proporcional-integral.
- Regulación de corriente.
- Lógica de inversión.
- Dos (2) niveles de limitación de corriente.

- Circuito disparo de compuerta.
- Seguridad cuando se encienda y se apague.
- Rampa con ajuste independiente de aceleración y desaceleración.
- Led de señalización del relé.

3.2.2 Tablero de Potencia

Comprende:

- Puente de potencia (estructura).
- El circuito de disparo y protección de semiconductores.
- El circuito indicador de la corriente de armadura.
- Diodos rectificadores de corriente de excitación.
- Selección de la corriente de excitación tomada.

NOTA: Para la clasificación de 12 Voltios permite la selección correspondiente de la selección del tap del transformador.

3.2.3. Principio de Variación de Velocidad de Corriente Continua RTV44

La velocidad de un motor de corriente continua con excitación independiente puede conseguirse a través de la variación de la tensión del inducido o por medio de la variación del flujo en el entrehierro (excitación).

La velocidad del motor es directamente proporcional a la tensión del inducido. Hasta la velocidad nominal y el par electromagnético son directamente proporcionales a la corriente del inducido para el flujo en el entrehierro constante. (ver Figura No 24).

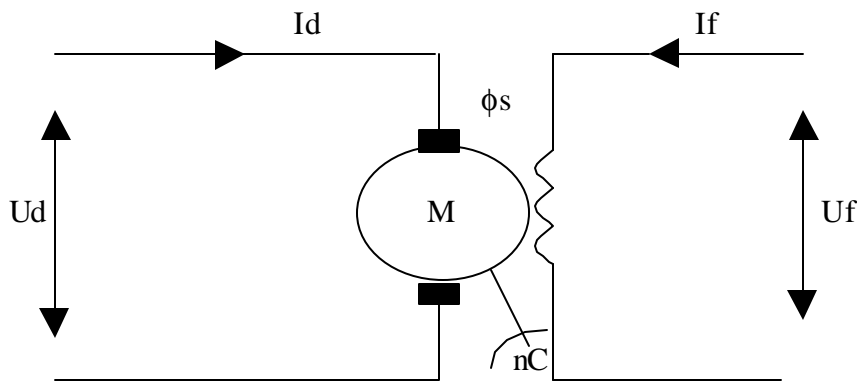


FIGURA No. 24
CIRCUITO BASICO (Y MAGNITUDES IMPLICADAS) DE UN MOTOR DE
CORRIENTE CONTINUA)

I_d = Corriente del Inducido

U_d = Tensión del Inducido

ϕ = Flujo en el Entrehierro

I_f	=	Corriente de Campo
U_f	=	Tensión de Campo
C	=	Par Electromagnético
n	=	Velocidad

La velocidad del motor es inversamente proporcional al flujo del entrehierro, que, en principio, es proporcional a la corriente de campo ver (Figura No. 25).

Se pueden obtener velocidades superiores a la nominal con la disminución de la corriente de campo (flujo).

El par electromagnético disminuye con la disminución del flujo, mientras que la potencia electromagnética permanece constante ver (Figura No. 26).

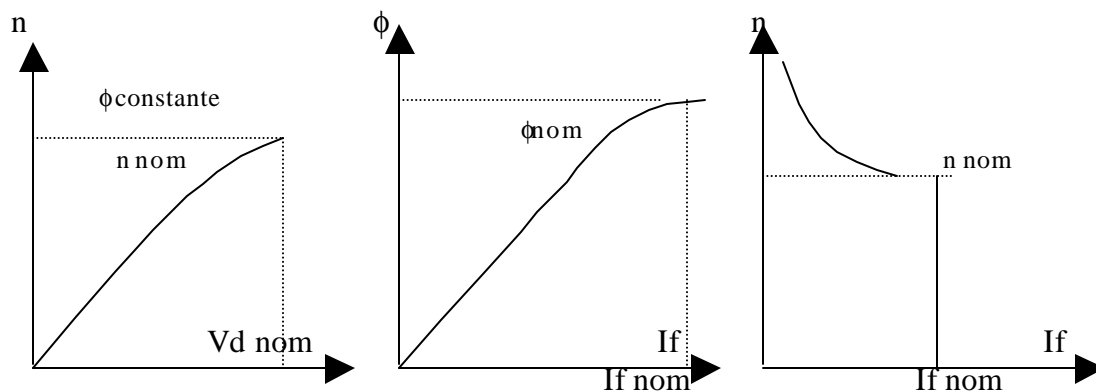


FIGURA No. 25
RELACIONES GRAFICAS ENTRE: (a) VELOCIDAD ANGULAR Y TENSION DEL INDUCIDO, (b) FLUJO Y CORRIENTE DE CAMPO, © VELOCIDAD ANGULAR Y CORRIENTE DE CAMPO

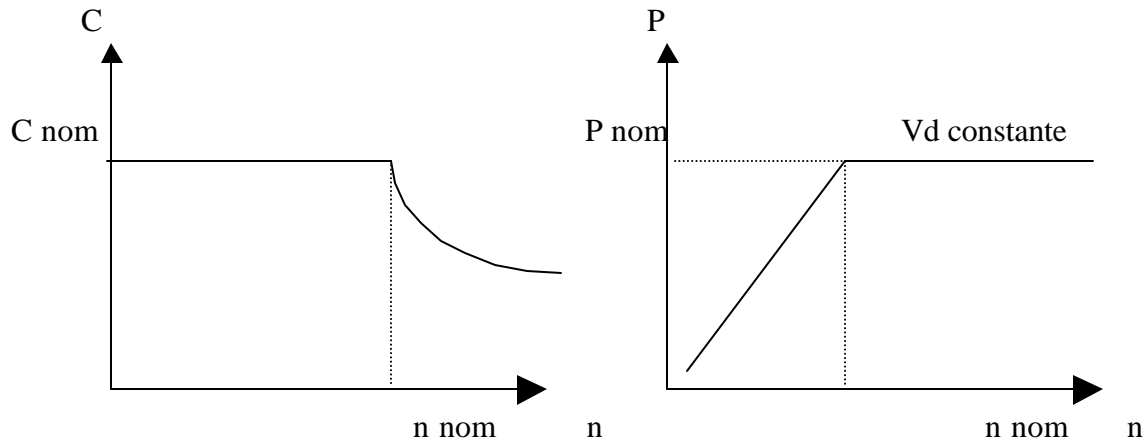


FIGURA No. 26
RELACIONES ENTRE PAR MOTOR, POTENCIA Y VELOCIDAD ANGULAR

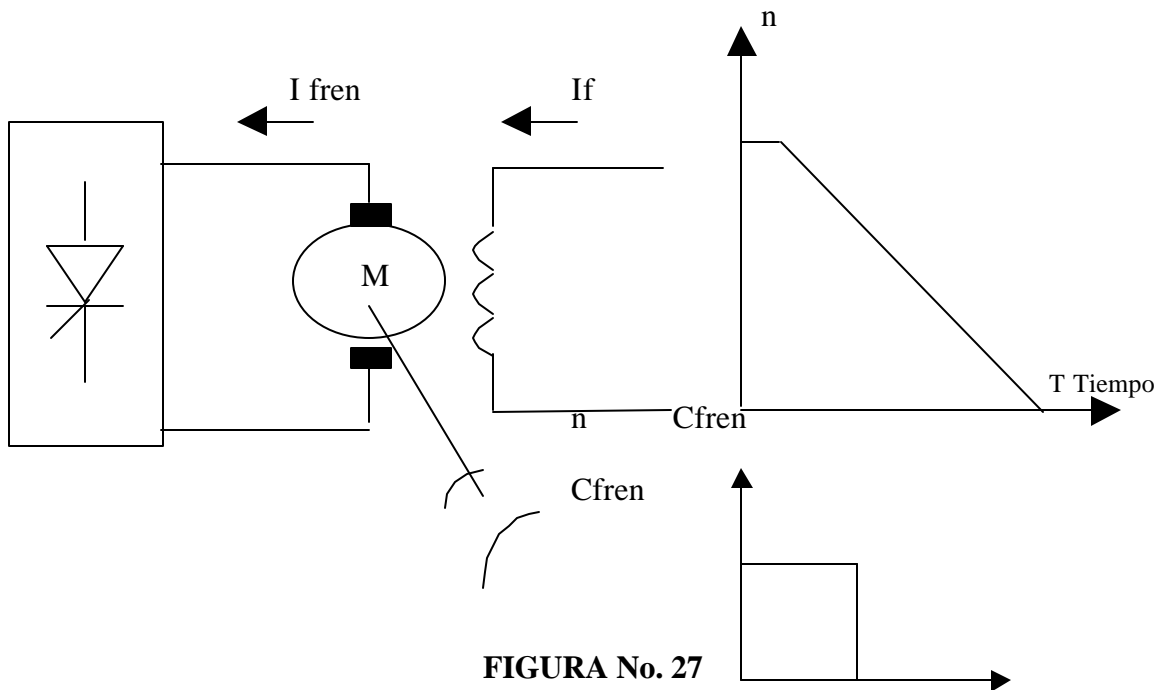


FIGURA No. 27
FRENADO REGENERATIVO

El frenado regenerativo es controlable y suele emplearse cuando se necesita el frenado controlado. Para el frenado regenerativo se necesita un inversor de corriente con la posibilidad

de trabajar en operación de conversión inversa (inversor). La Figura No. 27 muestra una simplificación de este método de frenado.

- Inversión del sentido de rotación

Se puede tener la inversión del sentido de rotación de un motor de corriente continua a través de la inversión de la corriente del inducido o a través de la corriente de campo. La inversión de la corriente del rotor o de la corriente de campo puede obtenerse a través del conmutador mecánico de polaridad (contactor), o a través de un conmutador estático de polaridad (convertidor doble de corriente).

Se puede hacer la inversión de corriente del rotor de diez(10) a veinte(20) veces más rápidamente que la inversión de la corriente de campo

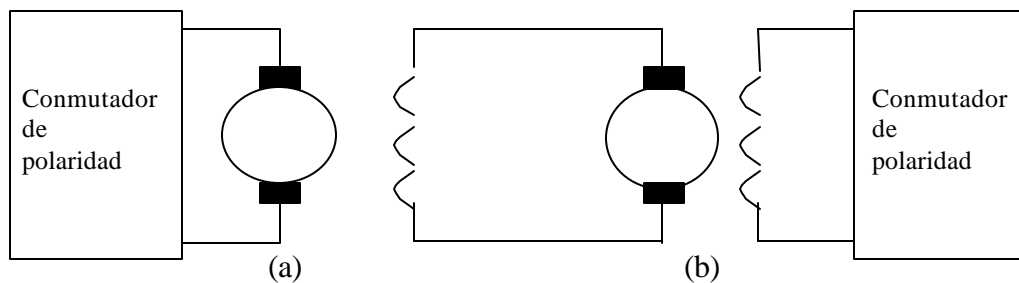


FIGURA No. 28
INVERSION (a) POR LA CORRIENTE DE INDUCIDO, (b) POR EL CAMPO
ELECTRICO

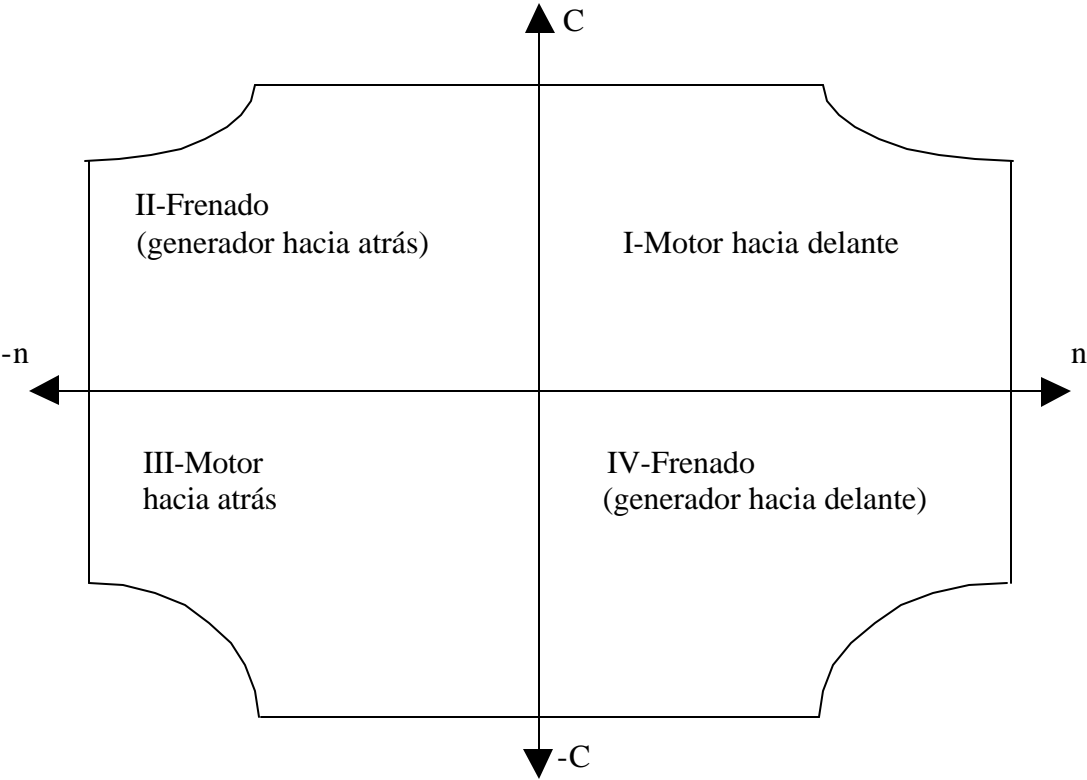


FIGURA No. 29
FUNCIONAMIENTO DE UN ACCIONAMIENTO EN LOS CUATRO CUADRANTES

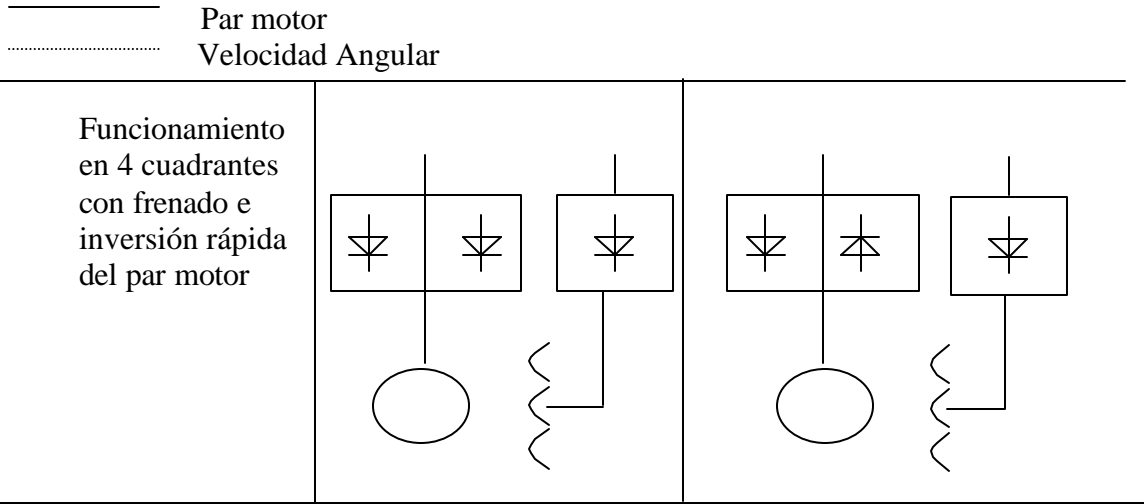


FIGURA No. 30
COMBINACION DE MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA Y CONVERSOR PARA ESCALAS DE VELOCIDAD-PAR MOTOR DIFERENTES

- Función en los Cuatro Cuadrantes:

La combinación del motor de corriente continua con el conversor de corriente determina las posibilidades de frenado y/o inversión. Las características de la máquina de accionamiento pueden expresarse a través de un diagrama par motor-velocidad, cuyos límites están representados en un diagrama de cuatro (4) cuadrantes, como lo muestra la Figura No.30

- Control de la Velocidad:

El control de la velocidad se consigue a través del suministro de un valor de referencia al regulador de tensión, midiéndose la velocidad a través de un tacogenerador Figura No. 31. Este valor real se compara con el valor de referencia del regulador de tensión. La señal de salida del regulador de velocidad forma el valor de referencia para la corriente del inducido. El regulador de velocidad controla la corriente del inducido de modo que la velocidad sigue el valor de referencia, mientras que la corriente del inducido puede estar limitada por la limitación de la señal de salida del regulador de tensión.

Se puede medir la velocidad también utilizando una unidad de medición de tensión en lugar del tacogenerador.

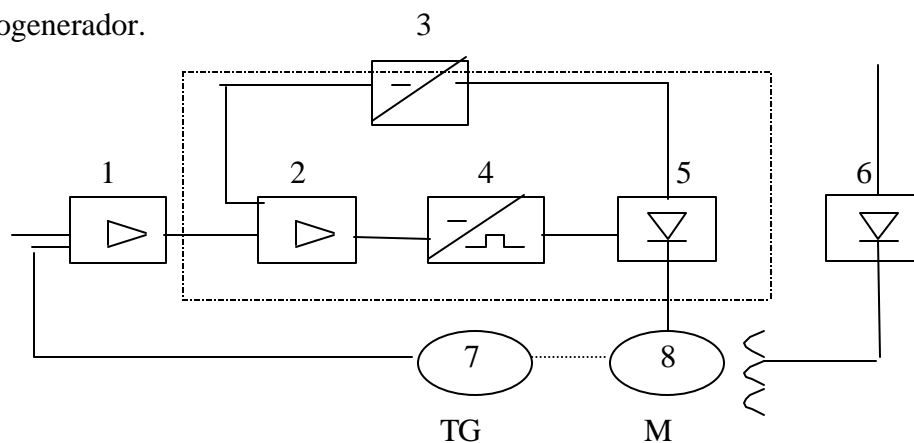


FIGURA No. 31
CONTROL DE VELOCIDAD CON TACOGENERADOR

- (1) Regulador de velocidad.
- (2) Regulador de corriente del inducido.
- (3) Conversor de señal.
- (4) Generador de impulsos.
- (5) Conversor.
- (6) Rectificador.
- (7) Tacogenerador.
- (8) Motor de CC.

- Tensión del Inducido:

La tensión máxima del inducido de un bloque conversor está limitada por la tensión permisible de los tiristores. Para obtener tensiones de inducción mayores, los bloques conversores se pueden conectar en serie. Las corrientes alternas dadas a los diversos bloques conversores deben en este caso estar separadas galvánicamente, teniendo transformadores con arrollamientos individuales o transformadores separados. (ver Figura No. 32)

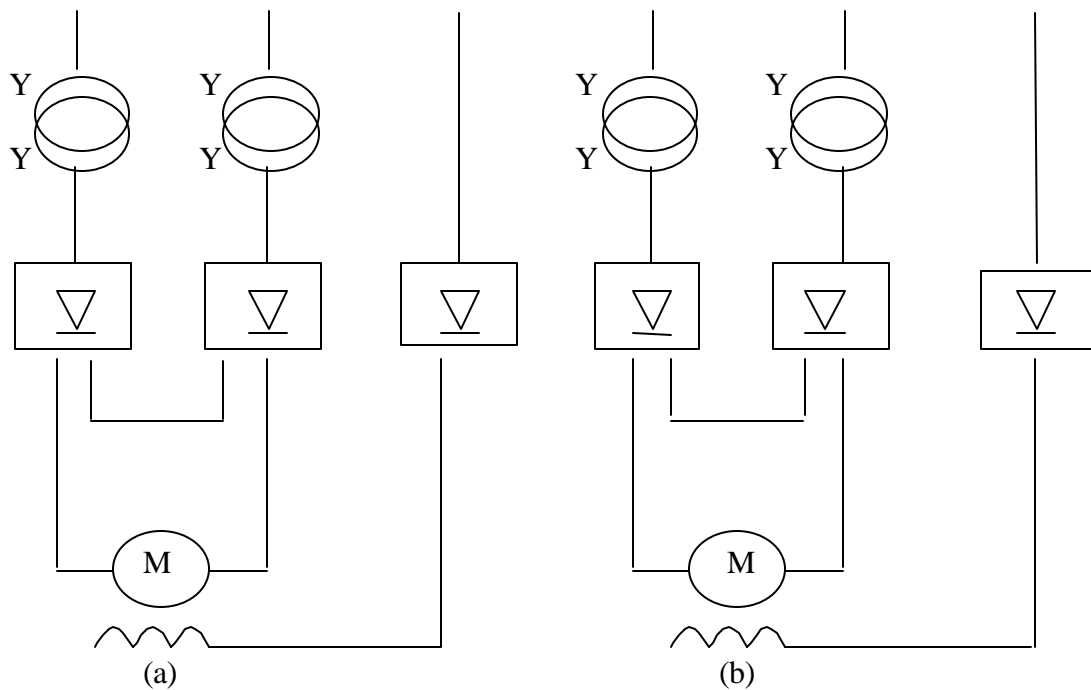


FIGURA No. 32
TENSION DEL INDUCIDO; (a) CONEXION SERIE PARA 6 IMPULSOS, (b)
CONEXION SERIE PARA 12 IMPULSOS

Estas dos (2) formas distintas de conectar bloques conversores en serie son :

- Conexión serie de seis (6) impulsos, es decir, sin separación de fase entre las tensiones secundarias de los transformadores.

- Conexión de doce (12) impulsos, es decir, con 30 grados eléctricos de separación de fases entre las tensiones secundarias; esta conexión permite alguna reducción en el contenido de armónicos.

3.3 Puente de Potencia (Estructura)

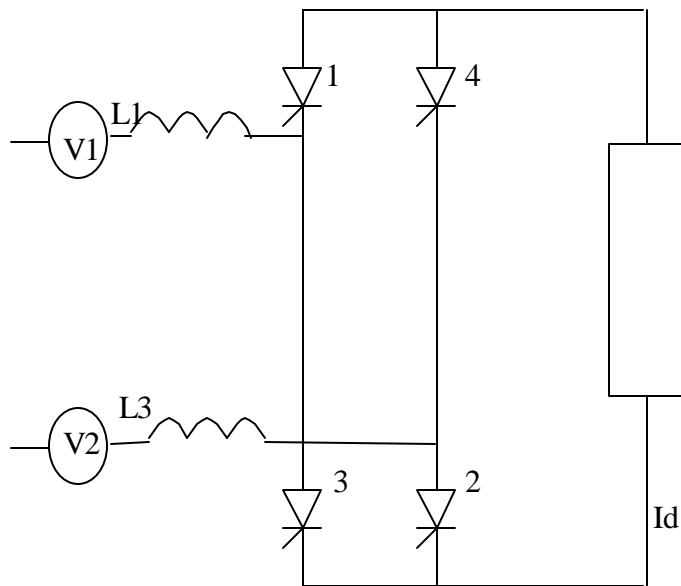


FIGURA No. 33
MONTAJE EN PUENTE DE GRAETZ MONOFASICO

- Convertidor en Doble Puente Monofásico (Graetz):

Si se conectan en el antiparalelo dos (2) puentes monofásicos de cuatro (4) tiristores tal como se indica en la Figura No. 34, es posible controlar corrientes y tensiones en ambos sentidos a todas las velocidades del motor. Con esta conexión en doble convertidor se consigue trabajar en los cuatro cuadrantes del plano tensión-corriente, tal como se indica en la Figura No. 35, para unas características ideales y en la Figura No. 36 para unas características reales aproximadas por segmentos de recta el comportamiento del motor alimentado por un doble puente monofásico en conexión antiparalelo se indica en la Figura No. 37 sobre un plano de coordenadas par-velocidad.

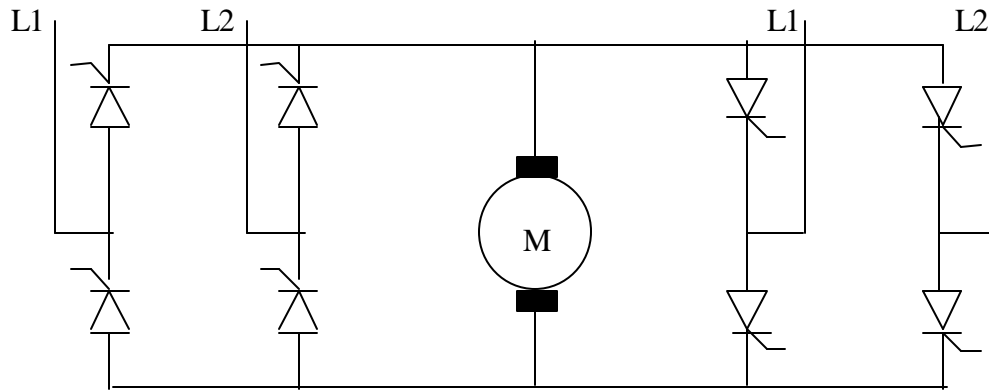


FIGURA No. 34
CONEXION DE DOS PUESTOS MONOFASICOS ANTIPARALELO PARA
PODER CONTROLAR LAS CORRIENTES Y LAS TENSIONES EN AMBOS
SENTIDOS Y PODER TRABAJAR EN LOS CUATRO CUADRANTES

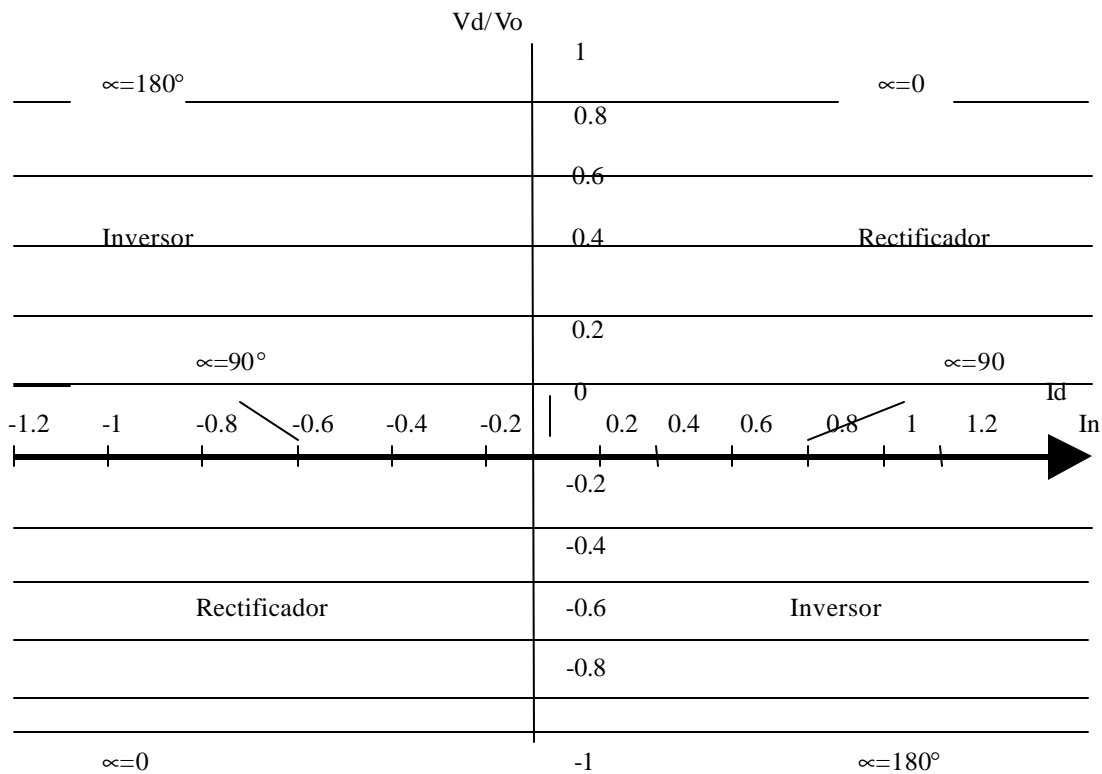


FIGURA No. 35
TRABAJO DE UN CONVERTIDOR DOBLE EN CONEXION ANTIPARALELO
EN LOS CUATRO CUADRANTES PARA CARACTERISTICAS IDEALES

Cuadrantes I y III: Cesión de energía del lado de corriente alterna al de corriente continua.

Cuadrantes II y IV: Devolución de energía del lado de corriente continua a la red alterna.

- Unidad de Encendido de los Tiristores:

Su misión es la de generar seis (6) impulsos de encendido por período desfasados entre sí 60° eléctricos (o sea, 3.3 ms) destinados ha encender, con el conveniente ángulo α de encendido,

los tiristores que componen el puente rectificador y lograr en régimen permanente una tensión de salida U_d proporcional a la consigna de entrada U_S figura No. 38.

Obsérvese que incrementos regulares de α dan incrementos distintos de tensión U_d de salida, siendo éstos más pequeños cuando la tensión de salida es la máxima positiva o la máxima negativa. α_2

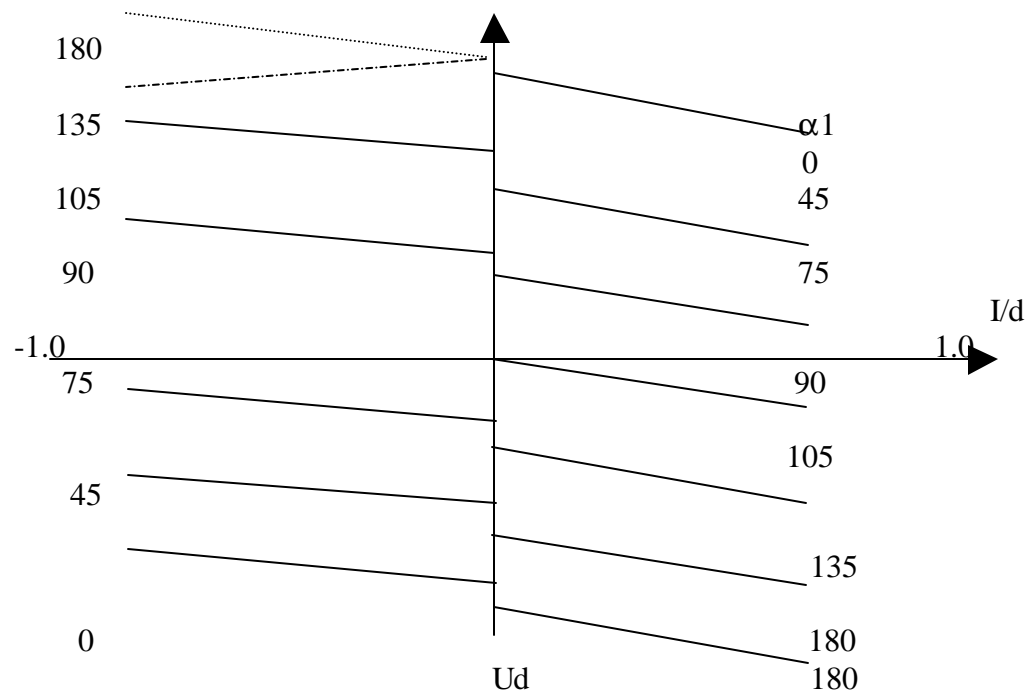


FIGURA No. 36
CURVAS CARACTERISTICAS TENSION-CORRIENTE REALES
APROXIMADAS POR SEGMENTOS EN UNA CONEXION EN DOBLE PUENTE
EN ANTIPARALELO

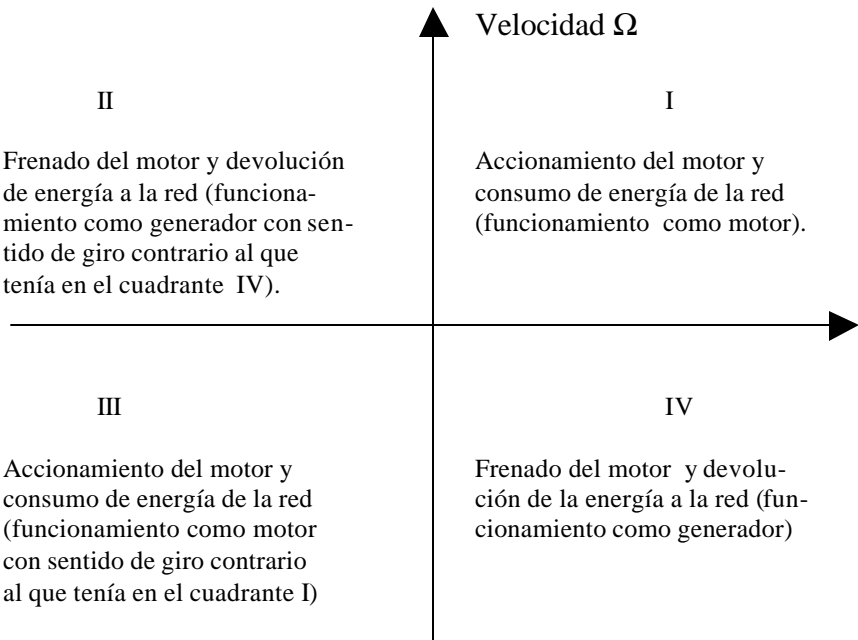


FIGURA No. 37
ZONA DE POSIBLE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ALIMENTADO POR UN DOBLE PUENTE DE TIRISTORES EN CONEXION ANTIPARALELO

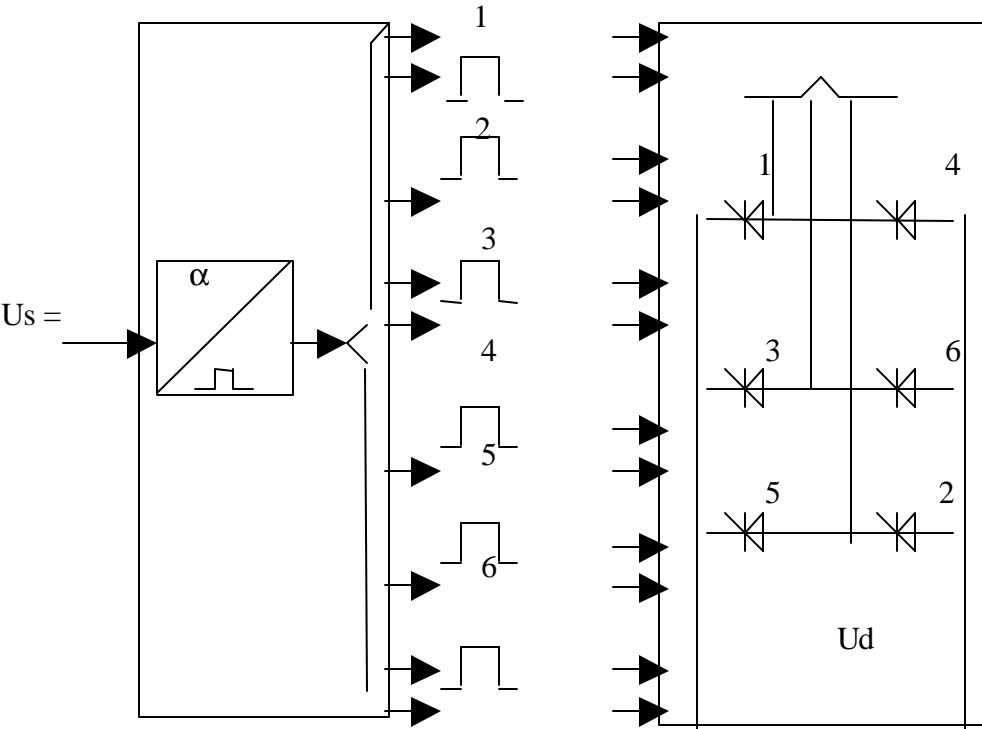


FIGURA No. 38
MISION DE LA UNIDAD DE ENCENDIDO DE TIRISTORES

Para contrarrestar esta no linealidad entre α y U_D se sugiere a continuación una solución para linealizar U_s con la U_D .

Caso de tener que encender un tiristor cuya tensión aplicada sea U_R entre $\alpha=0$ y $\alpha=180$ Figura No. 39, podemos hacerlo partiendo de una senoidal A , retrazada respecto a U_R 90° eléctricos, añadirle la consigna U_s y detectar cuando $U_s + A > 0$ para dar la orden de encendido.

Esta solución hace que la función de transferencia del conjunto: “unidad de encendido mas el puente de tiristores” pueda considerarse como proporcional.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que entre la orden de encendido dada por la tensión U_s y la tensión de salida U_D obtenida, existe un tiempo muerto medio de 30° , correspondiente a la mitad del tiempo que transcurre entre un impulso de encendido y el siguiente.

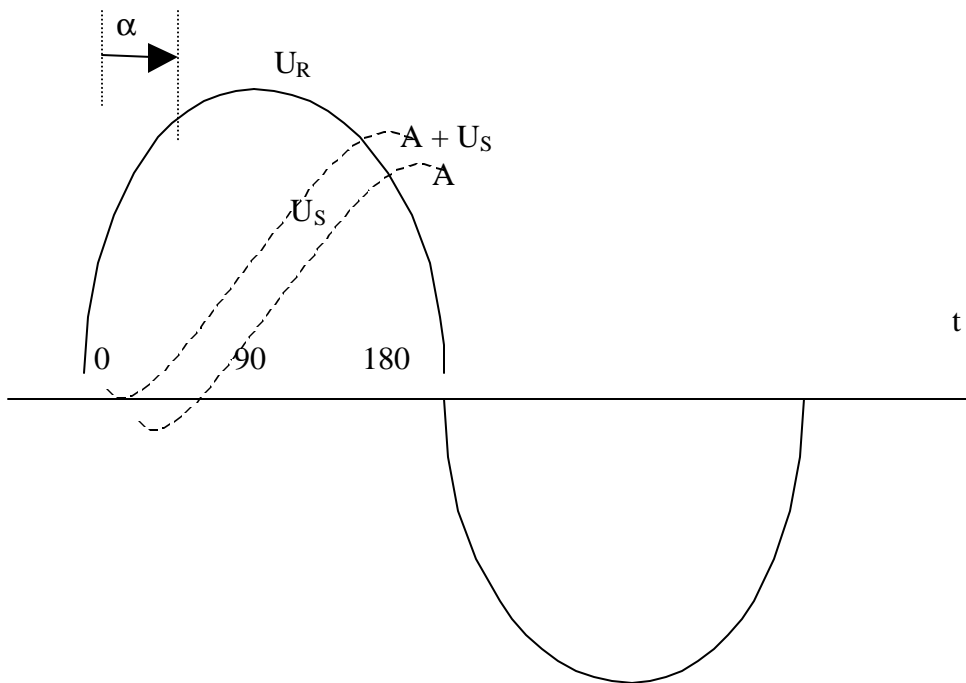


FIGURA No. 39
FUNDAMENTO DE LA UNIDAD DE ENCENDIDO

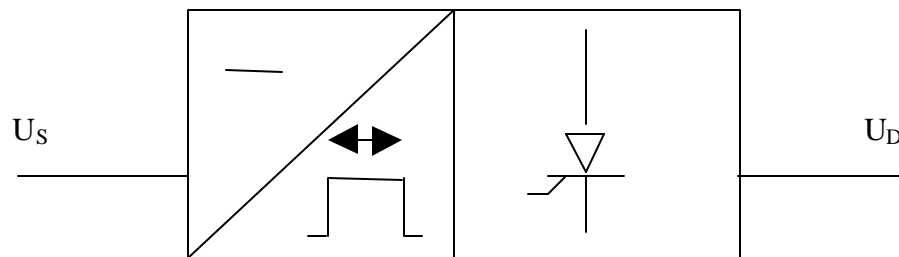


FIGURA No. 40
**FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL CONJUNTO UNIDAD DE ENCENDIDO-
PUENTE DE TIRISTORES**

3.4 MODULO DE DISPARO

En el encontramos varias etapas de sincronismo, separación, generación de los impulsos inhibición y potencia.

La sincronización se efectúa generalmente, a partir de un transformador que proporciona una réplica de la tensión de red con una reducción de alrededor de cuatro (4) veces el valor eficaz de la misma. Es importante tomar una tensión de sincronismo un tanto elevada, ya que se obtiene mayor precisión en el ángulo de disparo.

La tensión senoidal de sincronismo será necesario convertirla en una señal cuadrada, cuyas interrupciones marcan el paso por cero de la red.

En los sistemas que no requieren gran precisión se emplea sincronización a partir de diodos Zener, aunque solo son aplicables a variadores monofásicos.

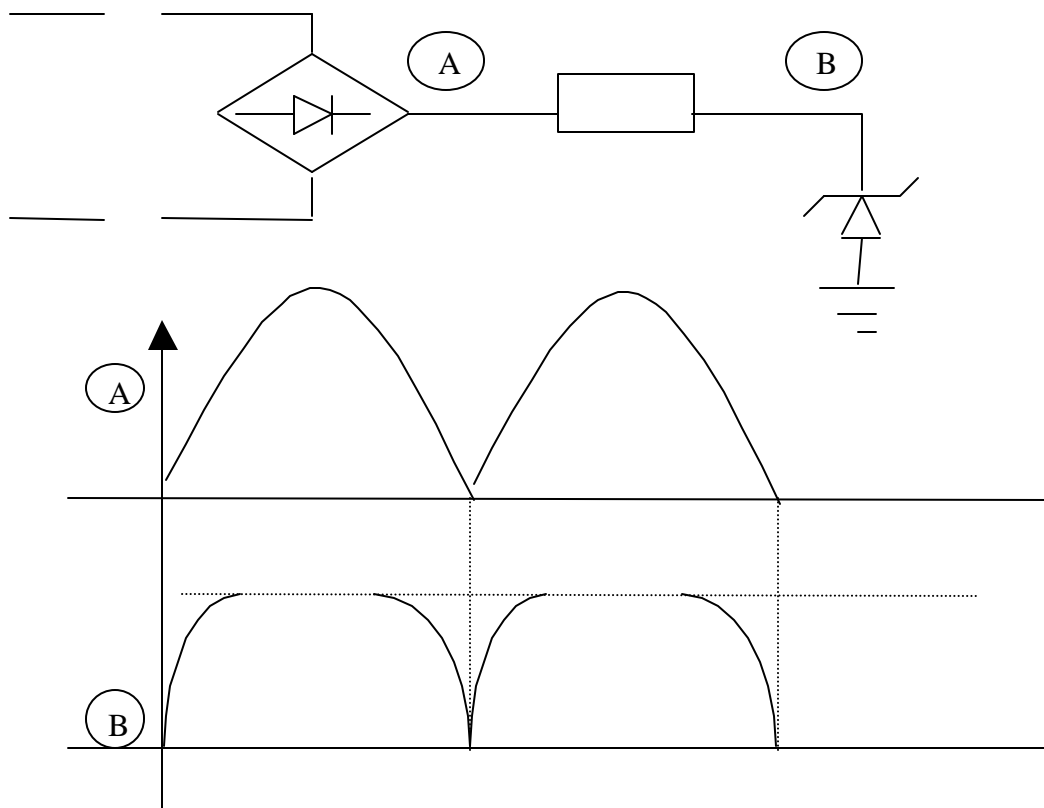


FIGURA No. 41
SINCRONIZACION POR DIODOS ZENER

La solución más común consiste en generar una rampa a partir de una onda cuadrada de sincronismo, de modo que el tiempo de dicha rampa coincidirá con el tiempo de red, 10 ms para $F=50$ Hz y 8 ms para 60 Hz.

Estos circuitos de disparo con la introducción de los microcontroladores se hace con precisión pues se trabaja con 1 y 0. Lo cual estaría exactamente generando una señal cuadrada directamente con la señal tomada de la red, pues solo tendríamos lógica programada y un nivel alto o un nivel bajo. Quedando así un sistema estrictamente sincronizado con la red en nuestro caso. Para el drive tenemos un microcontrolador el cual hace la función de circuito de disparo y de sincronización de frecuencia y de voltaje.

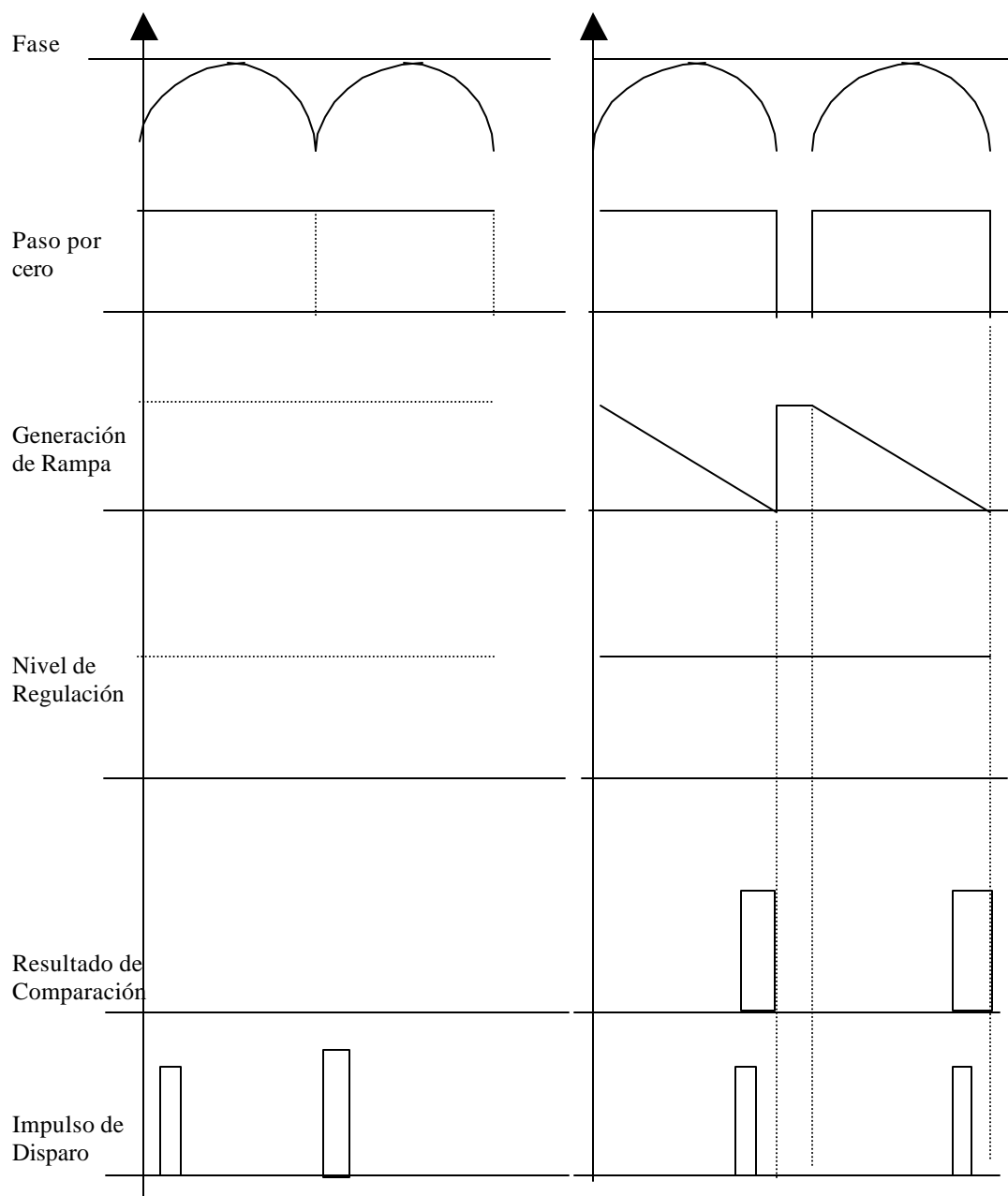


FIGURA No. 42
GENERACION DE UN IMPULSO DE DISPARO CON SINCRONISMO A LA RED

Con el paso por cero se ha obtenido la rampa y esta se compara con el nivel fijo de la señal de regulación de la intersección de ambas curvas. Se obtiene un pedestal cuyo tiempo es marcado por el nivel de regulación incidente en un determinado ángulo de disparo.

En valores límites para una tensión cero de regulación no tendríamos pedestal para un valor máximo de tensión de regulación se obtendrá un pedestal igual al ancho del paso por cero entonces entre ambos límites debe existir 180 grados, esto quiere decir que con una rectificación de solo media onda obtendríamos este requerimiento.

Si ahora tomamos solamente el flanco de subida del pedestal dándole una duración adecuada para asegurar el cebado del tiristor hemos obtenido un impulso que se desplaza a lo largo de 180 grados correspondiendo fielmente al nivel de regulación.

Es importante en esta etapa colocar una etapa lógica que imponga las condiciones de paso o inhibición de disparo que contenga las señales por fase o sobrecorriente, si todas las condiciones se cumplen, el pulso de disparo pasará ha amplificarse y mediante un transformador de impulsos llegaría a la puerta del tiristor.

Este proceso se efectuará las veces que es determinada por el número de tiristores a controlar ver Figura No. 43.

Para un sistema monofásico podemos proponer el ejemplo de la sincronización de un puente completo a cuatro (4) tiristores como vemos en la Figura No. 44.

En la presentación (2) se da la generación de la onda cuadrada a partir del simiciclo positivo de red y en la (3) el semiperíodo negativo. Estas tensiones darán autorización de disparo a los amplificadores de potencia que atacan las compuertas de los SCRs situados en ramas o puestos del puente.

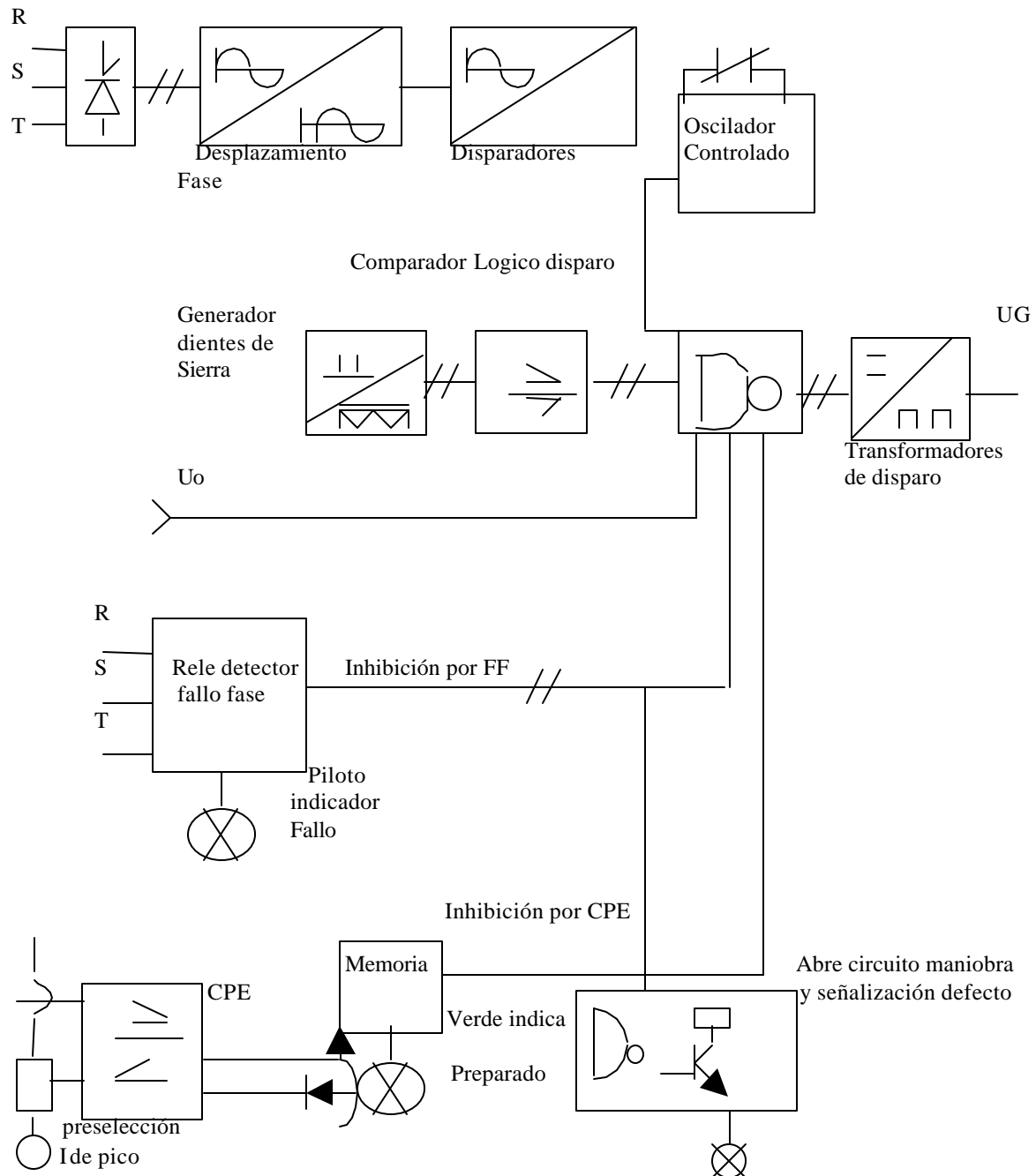


FIGURA No. 43
DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CIRCUITO DE DISPARO

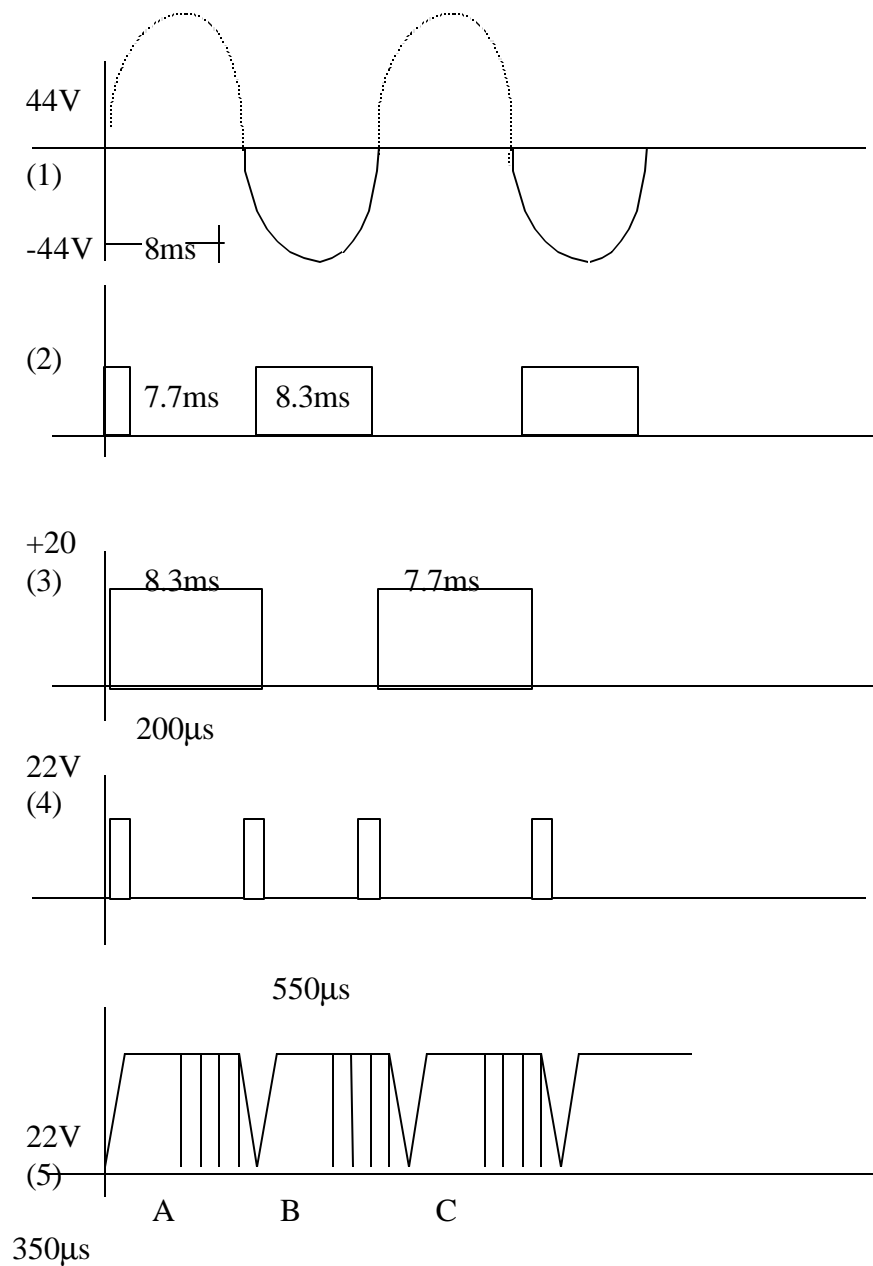


FIGURA No. 44
SINCRONISMO DE UN CONVERTIDOR MONOFASICO A PUENTE
COMPLETO

Por otro lado un oscilador controlado en tensión genera un número de impulsos, de esta forma se tendrá un ángulo de disparo preciso para cada nivel de tensión de regulación.

Además unos impulsos generados por el paso por cero comenzará a partir del punto cero de red.

En sistemas económicos y de poco compromiso que no se precise gran estabilidad, es posible realizar una sincronización a base de un diodo Zener interrumpiendo la alimentación de oscilador de ritmo de la red utilizando un transistor unión como generador de impulsos

3.5 MODULO DE REGULACION

Consta de tres (3) etapas constituidas por amplificadores operacionales con sus compensaciones de Offset y alimentados por tensiones positivas y negativas con respecto al cero de la fuente.

La primera etapa la constituye el amplificador (A1) montado como integrador que se encarga de generar una rampa o pendiente ante un escalón de tensión de referencia.

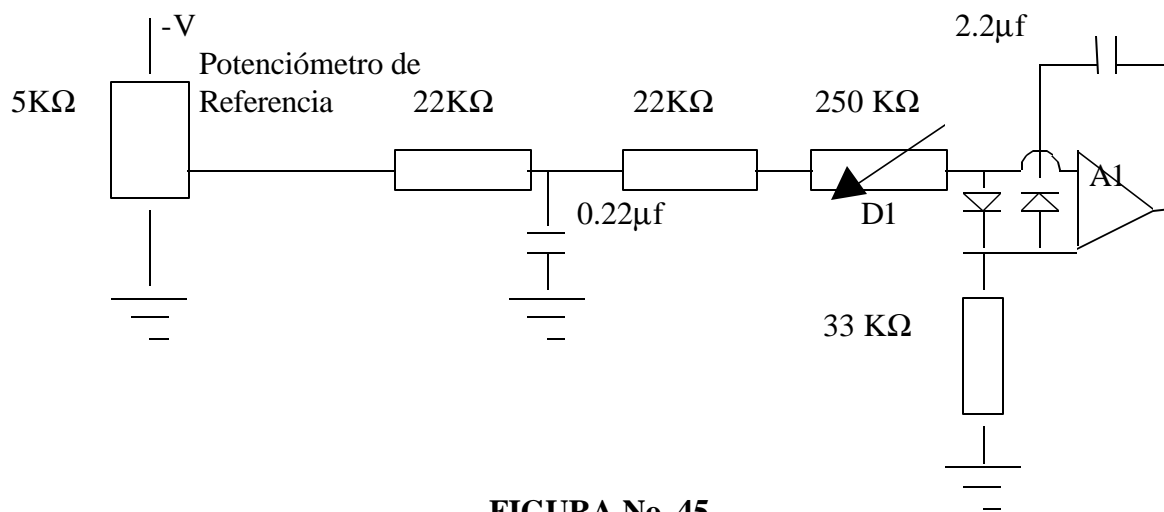


FIGURA No. 45
AMPLIFICADOR MONTADO COMO INTEGRADOR

Esta etapa se hace indispensable puesto que el operador puede dar toda la referencia a partir del motor parado y consecuentemente se produciría un gran aumento de la corriente que aunque sea controlado por la limitación de la misma puede provocar un desgaste innecesario de las piezas del colector. Existen también motivos que condicionan el tiempo de cero a máximas revoluciones a las propiedades físicas del material que se trate en la máquina en diferentes usos.

Así pues la alimentación del potenciómetro de referencia es de 12 Voltios proporcionando al motor 1200 RPM para la tensión nominal de inducido, es necesario un tiempo de 30 segundos para pasar de cero revoluciones a las nominales.

3.6 PROTECCION CONTRA SOBRE TENSIONES

La protección contra sobretensiones depende casi exclusivamente de circuitos formados por resistencias y capacidades, instalándose dichos circuitos tanto en los bornes de los dispositivos semiconductores como en los de los devanados del transformador.

3.6.1 Principales Causas de Sobretensiones

En general suelen estar provocadas por la presencia de circuitos inductivos, como lo indican las Figuras No. 46 y 47.

La figura No. 46c, da la forma de una sobretensión producida al abrirse el circuito primario de un transformador. Las relaciones de fase se han representado en ella por las curvas a, b y c, siendo (a) la forma de la tensión de alimentación, en tanto que (b), desfasada 90 grados, representa la corriente magnetizante y el flujo en el transformador, por su parte, (c) corresponde a la forma y la fase de la tensión secundaria, desfasada 180 grados con relación a la primaria de la curva (a).

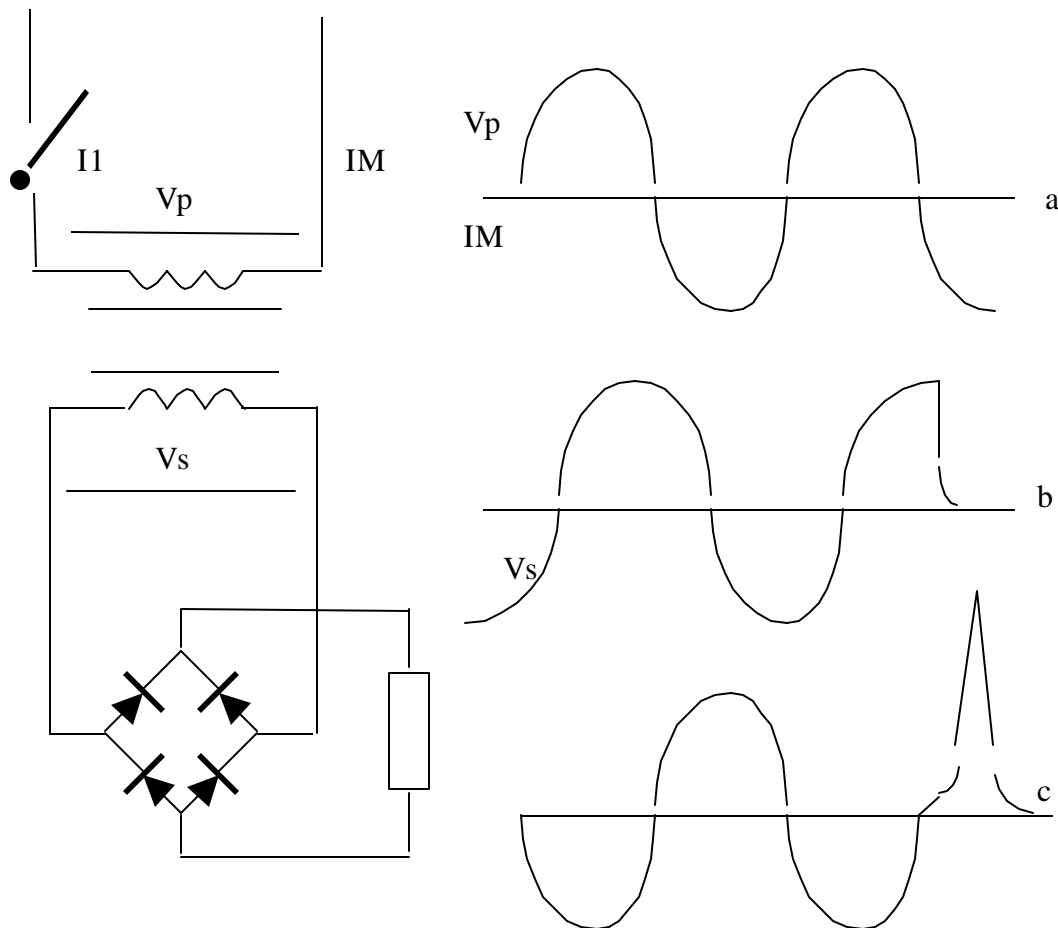


FIGURA No. 46
SOBRETENSION PROVOCADA AL ABRIRSE EL CIRCUITO PRIMARIO DE UN TRANSFORMADOR

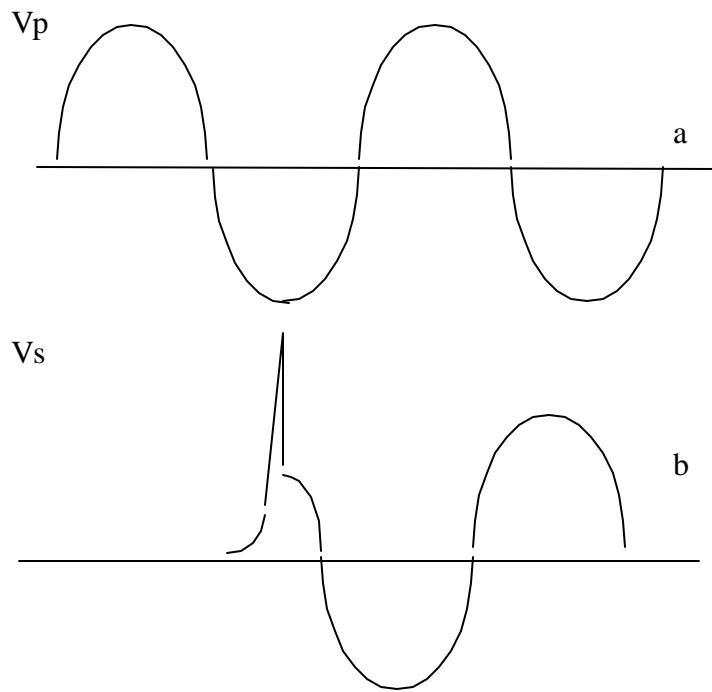


FIGURA No. 47
FORMAS DE LAS TENSIONES PRIMARIA Y SECUNDARIA

Al abrirse el interruptor (I1) la corriente y el flujo del transformador se interrumpen bruscamente y en ese instante aparece un pico de sobretensión en bornes del secundario, proporcional a $(d\phi/dt)$. Al cerrarse se produce un fenómeno idéntico por la razón inversa y las curvas a y b de la figura 47, indican las formas de las tensiones primarias y secundarias.

3.6.2 Órganos de Protección

La mayoría de los órganos de protección consisten en redes RC que actúan como integradores absorbiendo la energía transitoria y reduciendo al mismo tiempo el valor de (dv/dt) , que en ocasiones origina el disparo intempestivo de los tiristores.

En las Figuras No. 48 y 49 se dan dos (2) circuitos RC de protección conectados 1 en el primario del transformador de alimentación de la Figura No. 48 y el otro en el secundario de la Figura No. 49. Los valores de los componentes puede elegirse tomando como ejemplo la Tabla No. 2.

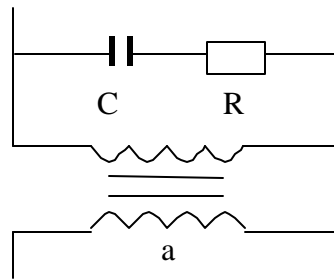


FIGURA No. 48
CIRCUITO RC DE PROTECCION CONECTADO EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR DE ALIMENTACION

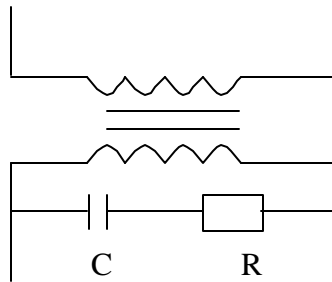


FIGURA No. 49
CIRCUITO RC DE PROTECCION CONECTADO EN EL SECUNDARIO

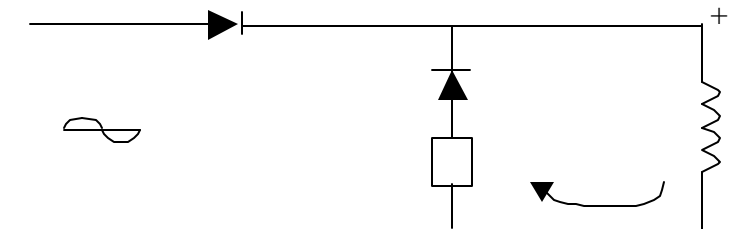


FIGURA No. 50
CARGAS INDUCTIVAS EN EL CIRCUITO DE UTILIZACION

TABLA No. 2
VALORES DE LAS COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS DE LAS FIGURAS
No. 48 Y 49

V_{RSM} V_{RWM}	Lado primario figura No. 53		Lado secundario figura No. 54	
	$C_1 (\mu F)$	$R_1 C_1 (\mu s)$	$C_2 (\mu F)$	$R_2 C_2 (\mu s)$
2	$200 I_0 / V_1$	150	$225 I_0 / V_1 T^2$	200
1.5	$400 I_0 / V_1$	225	$450 I_0 / V_1 T^2$	275
1.25	$550 I_0 / V_1$	260	$620 I_0 / V_1 T^2$	310
1	$800 I_0 / V_1$	300	$900 I_0 / V_1 T^2$	350

Fuente: Rectificadores, Tiristores y Triacs. Paraninfo Madrid 1976.

V_{RSM} = tensión inversa accidental (V)

V_{RWM} = tensión inversa recurrente (V)

I_0 = corriente en vacío del transformador (A)

V_1 = tensión eficaz del primario (V)

V_2 = tensión eficaz del secundario (V)

$T = V_1 / V_2$

En el caso de que las sobretensiones se deban a la presencia de cargas inductivas en el circuito de utilización Figura No. 50, se conectará a los bornes del circuito un diodo con una resistencia en serie de varios ohmios.

En el instante de interrumpirse la corriente que pasa por la inductancia, la energía almacenada, que produce una sobretensión considerable, pasa por el circuito cerrado del diodo, quedando limitada la corriente instantánea en él por la presencia de la resistencia.

Por último, los dispositivos semiconductores producen por sí sobretensiones parásitas en el instante en que se corta la corriente que por ellos circula. Estas sobretensiones, debido a las

características intrínsecas de los cristales, y sobre todo a la capacidad de su unión, aumentan de valor con el de la corriente en el momento del disparo.

Podría pensarse que una unión de recuperación rápida, a causa de su baja capacidad, produciría tensiones de conmutación menores que otra que tuviese un tiempo de recuperación menos rápido. Pero esto no es así, por que aunque la capacidad de la barrera es menor, el tiempo de retorno al estado de bloqueo es más corto y para la misma corriente en los dos (2) casos el (di/dt) es mayor en el de la unión de recuperación rápida.

Por eso este tipo de unión suele producir mayores sobretensiones de conmutación. Siempre conviene incluir una red RC entre ánodo y cátodo de los diodos rectificadores o de los tiristores cuando los cristales no tengan características de avalancha.

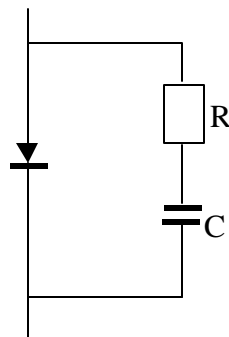


FIGURA No. 51
RED RC ENTRE ANODO Y CATODO DE LOS DIODOS RECTIFICADORES O
TIRISTORES CUANDO LOS CRISTALES NO TENGAN CARACTERISTICAS DE
AVALANCHA

3.6.3 Control de la Corriente de Campo:

La figura No. 52 muestra el diagrama de bloques del circuito común para el control de la corriente de campo.

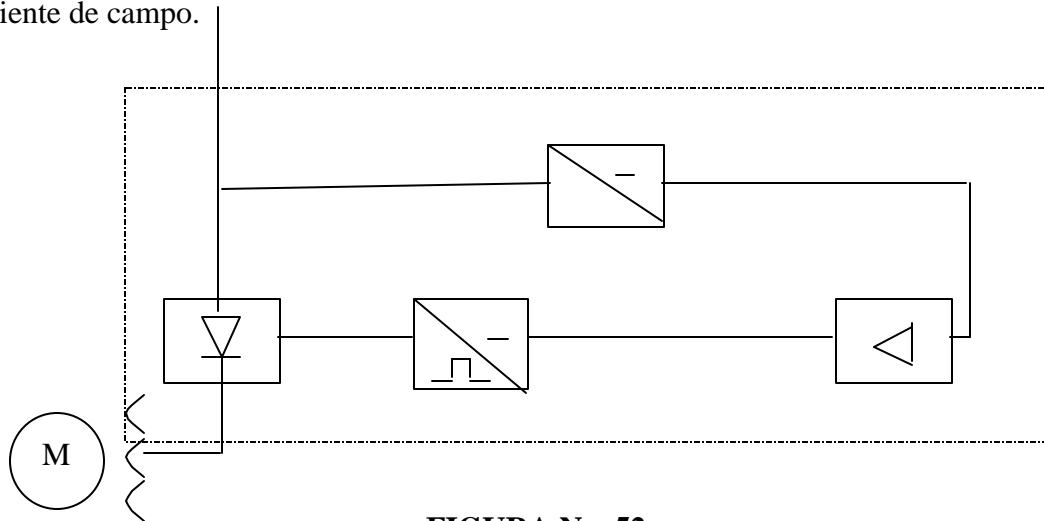


FIGURA No. 52
CONTROL DE CORRIENTE DE CAMPO

El control de corriente de campo se consigue suministrando un valor de referencia al regulador de la corriente de campo. La corriente de campo se mide a través de un transformador de corriente en el lado de la corriente alterna del sistema de excitación de campo y se convierte en un valor real, en un conversor de señal. Este valor real se compara con el valor de referencia en el regulador de corriente de campo. El generador de impulsos los da con ángulos de disparo variables a los tiristores del bloque conversor, de modo que la corriente de campo se mantiene proporcional a la señal de salida del regulador de la corriente de campo.

El regulador de la corriente de campo controla la tensión de campo de modo que la corriente de campo siga el valor de referencia.

4. ESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE LOS ACCIONAMIENTOS DE FRECUENCIA VARIABLE PARA MOTORES DE C. A.

4.1 CONTROL DE VELOCIDAD MEDIANTE LA VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA Y LA TENSIÓN APLICADAS A UN ESTÁTOR POLIFÁSICO

La velocidad sincrónica de un motor de inducción polifásico que tiene un número determinado de polos varía con la frecuencia; si la tensión de alimentación que se mantiene constante cuando, por ejemplo, se reduce la frecuencia, aumenta la densidad de flujo permisible. Al modificar la frecuencia, por tanto, es necesario variar la tensión aplicada de la misma forma y en la misma magnitud para mantener el mismo grado de saturación y común densidad de flujo en el entrehierro. Por tanto, para cambiar la velocidad mediante variación de la tensión y de la frecuencia, es necesario disponer de una fuerza motriz aparte para accionar un alternador independiente a una velocidad variable para modificar la frecuencia y la tensión aplicadas al estátor polifásico (o monofásico). Este método se emplea mucho en la propulsión naval (la denominada conducción turboeléctrica) y presenta la ventaja de control de la velocidad sin etapas sobre una amplísima gama de velocidades. También es posible emplear un cambiador de frecuencia rotativo denominado convertidor de frecuencia de inducción, particularmente donde se deseen velocidades mucho mas

elevadas que las de sincronismo. En ambos casos (el alternador independiente o el cambiador de frecuencia), las características del motor de inducción polifásico o síncrono conducido, determinan las correspondientes del motor primario y de su fuente de generación de frecuencia. Aunque la densidad de flujo permisible se mantiene a frecuencias elevadas (porque la tensión se incrementa |proporcionalmente), aumentando la frecuencia y la velocidad del motor se originan mayores pérdidas de rotación en el motor conducido

Además de las conducciones de frecuencia regulable, la aparición del SCR de corriente elevada y otros dispositivos semiconductores aplicables a la variación de velocidad de los motores de c.a. de frecuencia regulable estáticas (estacionarias), parecen augurar una amplia aplicación futura similar a las conducciones (dispositivos de gobierno) de motores de c.c. Hasta el presente, han aparecido dos clases generales de dispositivos de gobierno de los motores polifásicos síncronos y de inducción mediante c.a. y reguladores estáticos de frecuencia.

- a) El cicloconvertidor, es un convertidor de frecuencia estático para transformar una frecuencia elevada a una inferior sin acoplamiento de c.c. este dispositivo, mostrado en la figura No 53 puede utilizarse con motores de inducción de jaula polifásicos (SCIMs), motores de inducción de rotor bobinado (WRIMs) y motores síncronos
- b) El inversor de rectificador, un dispositivo de frecuencia estático que asocia un inversor (para transformar c.c. en c.a.) con un rectificador polifásico. Este dispositivo de estado sólido puede también utilizarse con motores síncronos así como con motores de inducción de jaula(SCIMs), y motores de inducción de rotor bobinado (WRIMs)

4.1.1 El Cicloconvertidor

El cicloconvertidor se muestra esquemáticamente en la figura No 53a. En la aplicación mostrada en esta figura, se utiliza para suministrar frecuencia variable y amplitud de tensión más pequeñas, desde una fuente trifásica de 60 Hz, al estátor de un SCIM, WRIM, o motor síncrono. El disparo o desfase adecuados de las entradas a1-a2, b1-b2 y c1-c2, respectivamente, en los bancos de las tres fases permite la reducción simultanea de la frecuencia de salida y de la forma de onda de la tensión. El motor polifásico, por tanto, puede llevarse a la velocidad de sincronismo a velocidades inferiores de una forma suave y con buena regulación de la velocidad a cualquier valor deseado de la misma, inferior aproximadamente a un tercio de la frecuencia de entrada, a velocidad nula

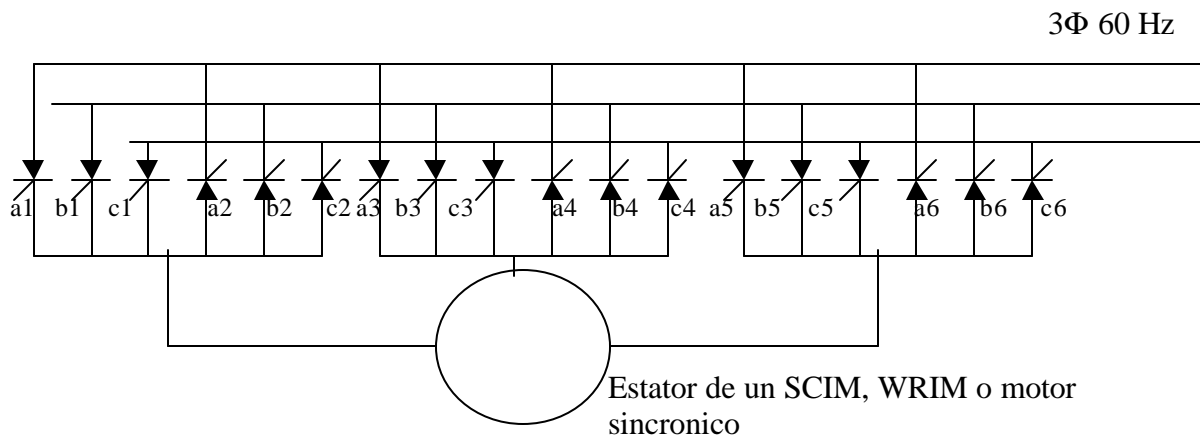
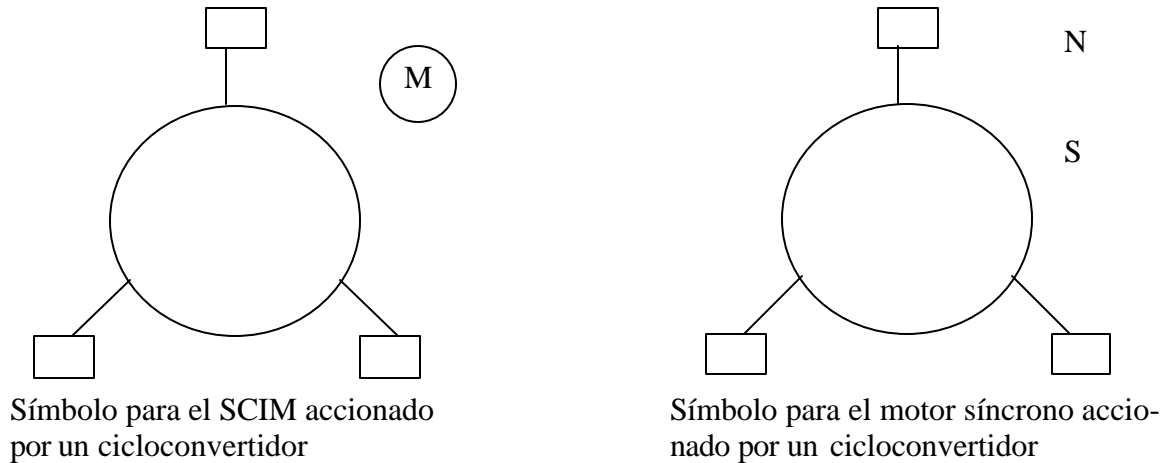


FIGURA No. 53 TRANSFORMADORES EQUILIBRADORES
(a). CICLOCONVERTIDOR (EXCLUSIVO DE DISPARO)



**FIGURA N0 53b TRANSFORMADORES EQUILBRADORES
CICLOCONVERTIDOR TRIFÁSICO BÁSICO CON SIMBOLOS**

Una segunda aplicación posible del cicloconvertidor se halla donde quiera que un alternador es accionado mediante un motor primario de velocidad variable tal como en un motor de avión o un motor de combustión interna.

El cicloconvertidor mantiene una tensión constante de salida del alternador a una frecuencia constante (sea a 40 Hz ó a 60 Hz) prescindiendo de las variaciones de la velocidad del motor primario. Los SCRs se desfasan en el disparo en proporción a la variación de la velocidad del motor primario, con lo cual se mantienen constantes la tensión y la frecuencia de salida del sistema de potencia

Con la utilización de doble numero de tiristores (36) en la configuración de onda completa mostrada en la figura No 54. El cicloconvertidor de onda completa permite el control de frecuencias desde +30 Hz a cero y hasta -30 Hz. Esto no solo permite una variación más

amplia de la frecuencia sino también posibilita (1) inversión de la rotación, (2) regeneración de potencia, y (3) frenado dinámico.

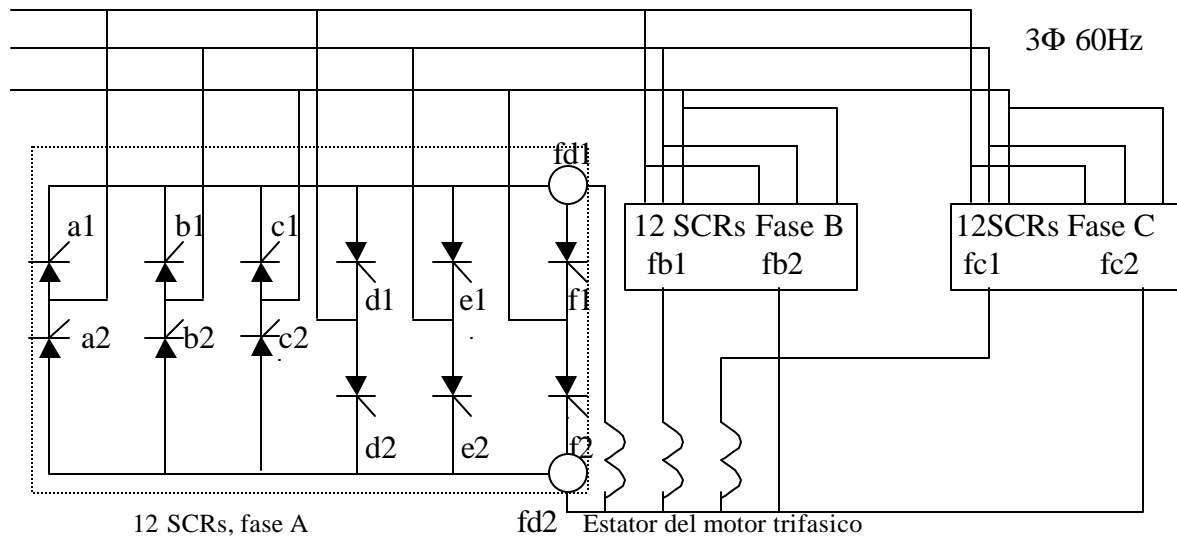


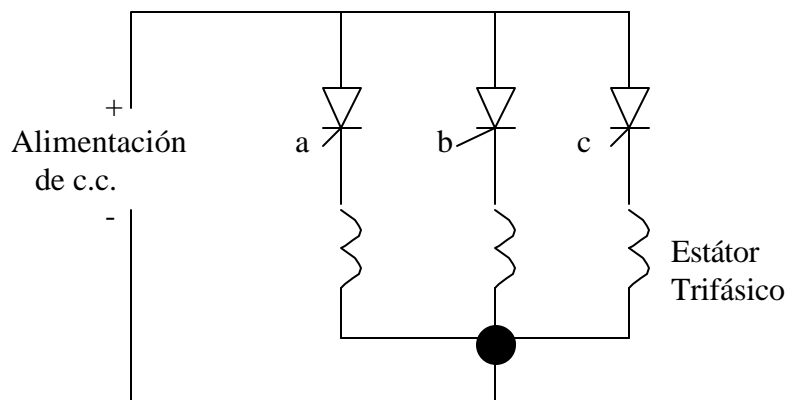
FIGURA No 54 CICLOCONVERTIDOR CON TRES SALIDAS MONOFASICAS SEPARADAS (NO SE INDICAN LOS CIRCUITOS DE DISPARO Y LOS TRANSFORMADORES)

El convertidor estático de estado sólido se caracteriza por las siguientes ventajas: funcionamiento silencioso, seguridad de funcionamiento del estado sólido, rendimiento elevado, mantenimiento reducido, necesidad de poco espacio y larga duración. Lo mismo que ocurre con las conducciones de estado sólido de c.c.

4.1.2 El Inversor

Contrariamente al rectificador (equipo para transformar c.a. en c.c.) y al convertidor (equipo para transformar c.a. en c.a), el inversor contiene los dispositivos y las conexiones

para transformar c.c. en c.a. Dos configuraciones básicas de un inversor trifásico se muestra en la Figura No. 55, alimentados desde una fuente de c.c. El inversor de semionda de la Figura No. 55 utiliza solamente tres SCR's pero desgraciadamente produce una componente de c.c. en la forma de onda de la carga de salida, o en el devanado estatórico de un motor de c.a. polifásico. El inversor de onda completa en puente trifásico, mostrado en la Figura No. 30b, utiliza doble número seis (6) de SCR's pero presenta la ventaja de no contener ninguna componente de c.c. para las cargas trifásicas equilibradas. El inversor de la Figura No. 30b, además, se presta de por sí a tres métodos fundamentales de sintetizar la forma de onda de salida mediante el control de la anchura del impulso y de la forma de onda aplicada a las puertas de los SCR's.



**FIGURA No. 55 CONFIGURACIONES INVERSORAS, SALIDA DE c.a.
TRIFÁSICA DESDE UNA FUENTE DE c.c.
(a) INVERSOR DE SEMIONDA TRIFÁSICO**

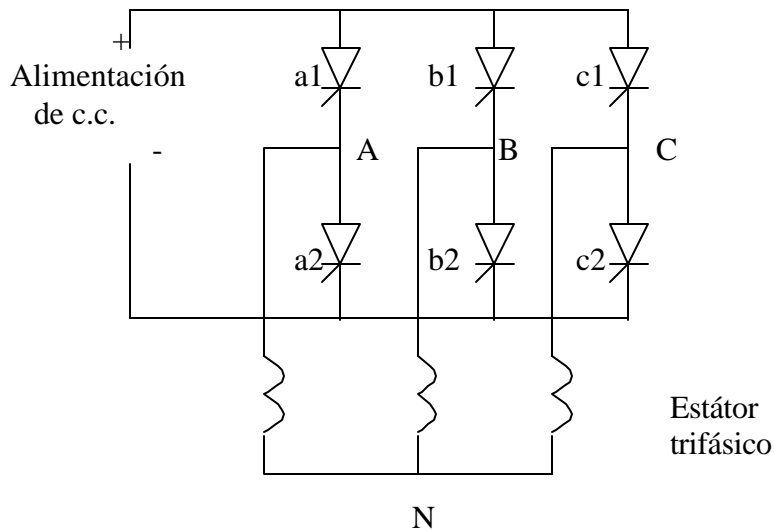
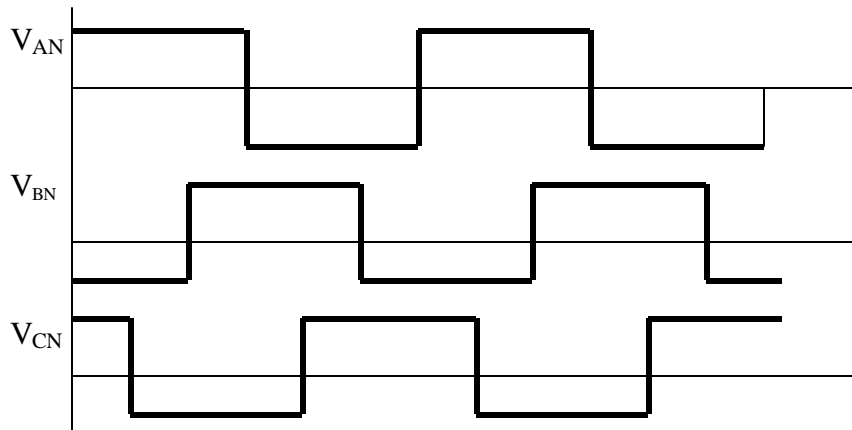


FIGURA N055 CONFIGURACIONES INVERSORAS, SALIDA DE C.A TRIFASICA DESDE UNA FUENTE DE C.C.
(b) INVERSOR DE ONDA COMPLETA, EN PUENTE O MÚLTIPLE, TRIFÁSICO

- a. Control de la Relación de Fase: Se utiliza un circuito transistorizado de señales para disparar los pares de SCRs en secuencias separadas 120° , produciendo las tensiones de fase mostradas en la Figura No 56a , en bornes de cada fase de un estátor trifásico. La suma vectorial de las tensiones de fase produce las tensiones de línea correspondientes mostradas en la Figura No. 56b. Las tensiones de línea a la salida contienen solamente armónicos elevados de número impar en fase con la fundamental y pueden filtrarse fácilmente para proporcionar la onda senoidal pura, si es necesario.



(a) TENSIONES DE FASE PRODUCIDAS POR EL CONTROL DE RETARDO DE FASE

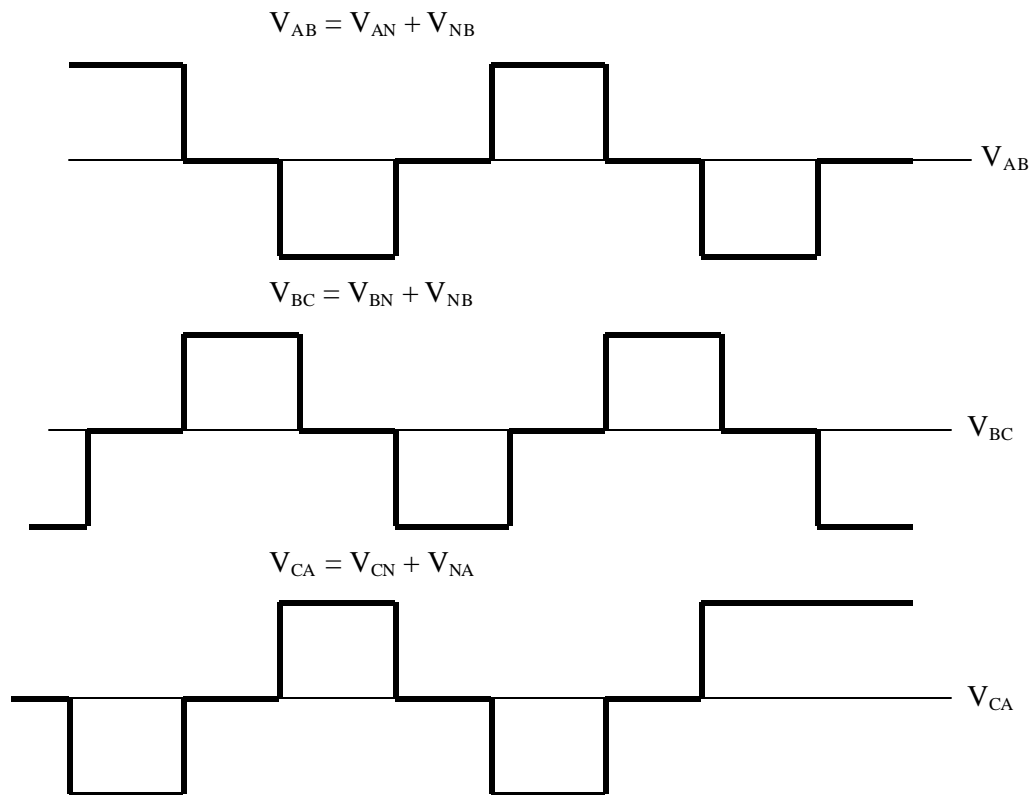
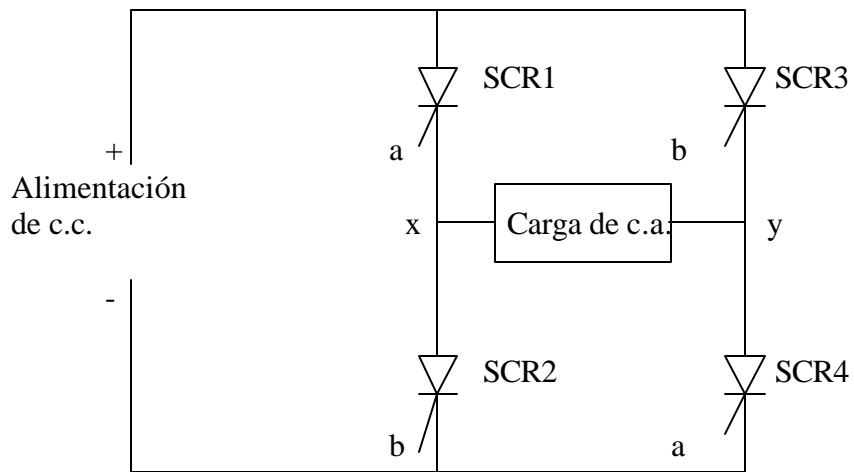


FIGURA No.56 FORMAS DE ONDA DE SALIDA DE UN INVERSOR TRIFÁSICO MEDIANTE CONTROL DE LA RELACIÓN DE FASE
(b) FORMA DE ONDA DE LAS TENSIONES DE LINEA DE LA SALIDA

- b. Control de la Forma de Onda de Salida de Impulsos de Anchura Múltiple: (control PWM) este método de control de inversor de la forma de onda de salida (a veces denominado el inversor Mc Murray-Bedford) es fundamentalmente un método de control de la anchura de impulsos mediante el disparo del SCR apropiado en cada hemicycle. Como se muestra en la Figura No 57a , para un inversor monofásico, es posible disparar los SCRs 1 y 4 es un semiciclo para dar lugar a corriente en la carga en un sentido (de X y Y) y disparar los SCRs 3 y 2 en el siguiente semiciclo para originar corriente en la carga en el sentido opuesto. Para cada semiciclo, los pares apropiados de SCRs se disparan de tal forma que producen anchuras de impulsos múltiples que poseen el equivalente de corriente eficaz de una onda senoidal como se muestra en la Figura No 57b.

El mismo tipo de disparo puede utilizarse para el inversor en puente de onda completa trifásica o inversor múltiple mostrada en la Figura No. 55b, para dar lugar a un inversor trifásico Mc Murray-Bedford empleando el control PWM. Cada tensión entre fase y neutro (V_{AN} , V_{BN} y V_{CN} , respectivamente) es efectivamente senoidal y desplazada 120° , respectivamente. En la Figura No. 57 se muestra un inversor comercial típico McMurray-Bedford PWM. Como en todos los circuitos McMurray-Bedford se emplea la inversión clase C en la que cada par de circuitos LC se conmuta mediante un SCR que lleva a carga.



(a) INVERSOR EN PUENTE MONOFÁSICO

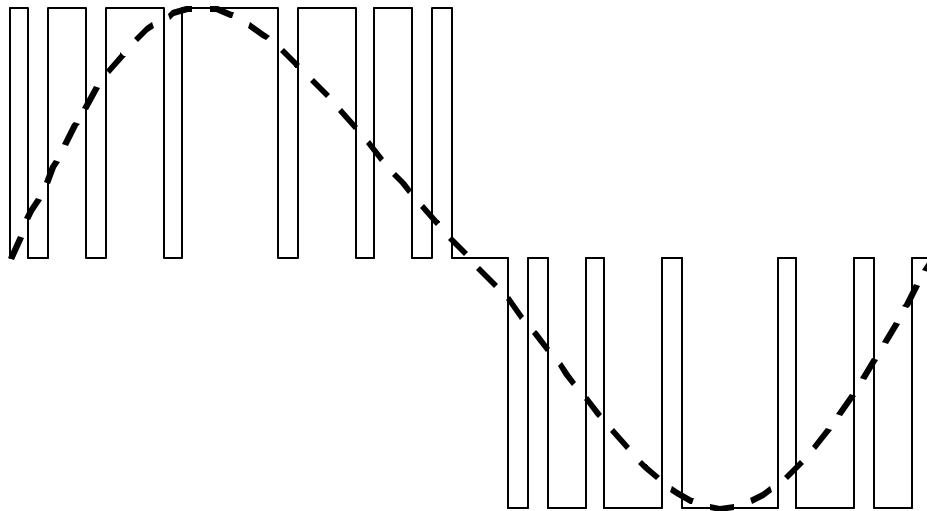


FIGURA No.57 CONTROL DE ANCHURA MÚLTIPLE DEL INVERSOR MONOFÁSICO (EN PUENTE)
(b) FORMAS DE ONDA PWM

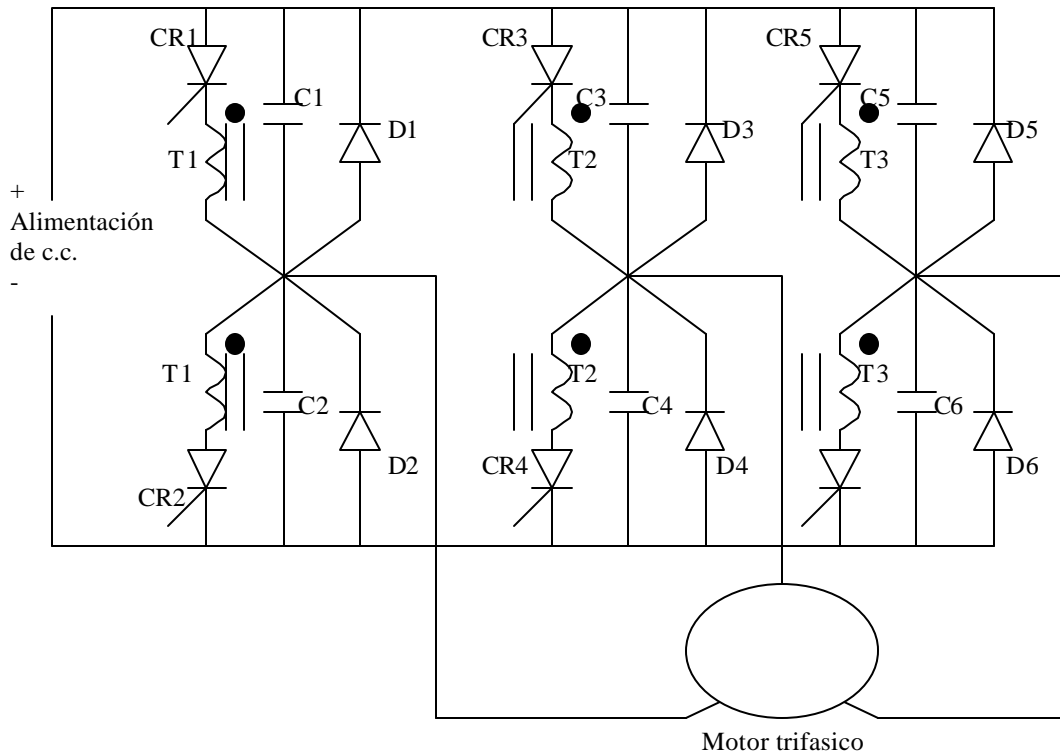


FIGURA N° 58 CONTROL PWM DE LA FORMA DE ONDA DE SALIDA DEL INVERSOR EN PUENTE TRIFÁSICO. CONMUTACIÓN LC MEDIANTE SCRS QUE LLEVAN LA CARGA. (CONVERTIDOR COMERCIAL MCMURRAY-BEDFORD)

c) Reducción Seleccionada de Armónicos para el Control de la Forma de Onda de Salida:

Si el inversor en puente monofásico de la Figura No. 57a se dispara de modo que proporcione la forma de onda de salida mostrada en la Figura No. 59, se origina una onda senoidal resultante relativamente baja en terceros y quintos armónicos, en comparación a las formas de onda PWM mostradas en la Figura No. 57b. Realmente, mediante el control adecuado de la anchura de impulsos, son posibles formas de onda de salida que no posean armónicos por debajo del undécimo, según indica F. G. Turnbull, con las siguientes ventajas:

1. El disparo queda considerablemente simplificado en comparación con la síntesis de la forma PWM utilizando el inversor McMurray-Bedford.
2. Control completo de la onda fundamental desde cero hasta el máximo sin generación de armónicos (en el inversor McMurray-Bedford, se producen armónicos cuando se varía la amplitud de la fundamental).

El sistema de la reducción seleccionada de armónicos se presenta de por sí muy bien al control del inversor múltiple trifásico de la figura 55b, empleando seis (6) SCRs, aunque cuando se emplean doce (12) SCRs todos los armónicos por debajo del undécimo quedan suprimidos.

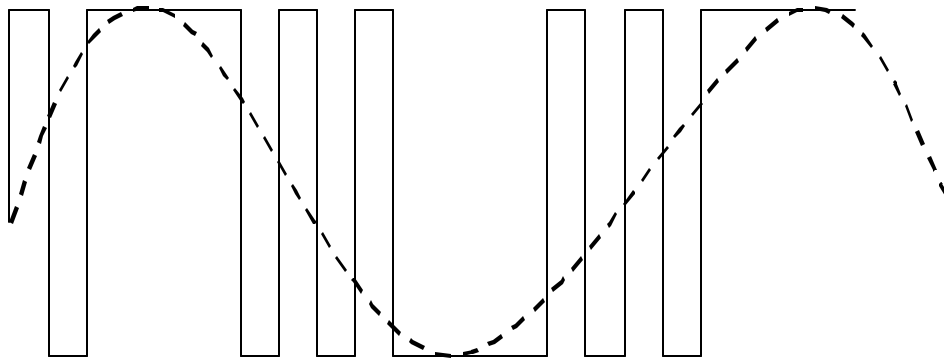


FIGURA Nº 59 SINTESIS DE LA FORMA DE C.A. MEDIANTE LA REDUCCIÓN SELECCIONADA DE ARMÓNICOS.

4.2 TIPOS DE CONVERTIDORES PARA ALIMENTAR MOTORES DE ALTERNA

Básicamente, cuatro son los tipos de convertidores más importantes utilizados en accionamientos con motores de corriente alterna. Respecto del esquema global de

funcionamiento. el diagrama de bloques de cualquiera de estos convertidores aparece en la Figura No 60.

Este esquema se refiere a un convertidor alimentado desde la red trifásica industrial; en caso, otros esquemas pueden representar este funcionamiento global.

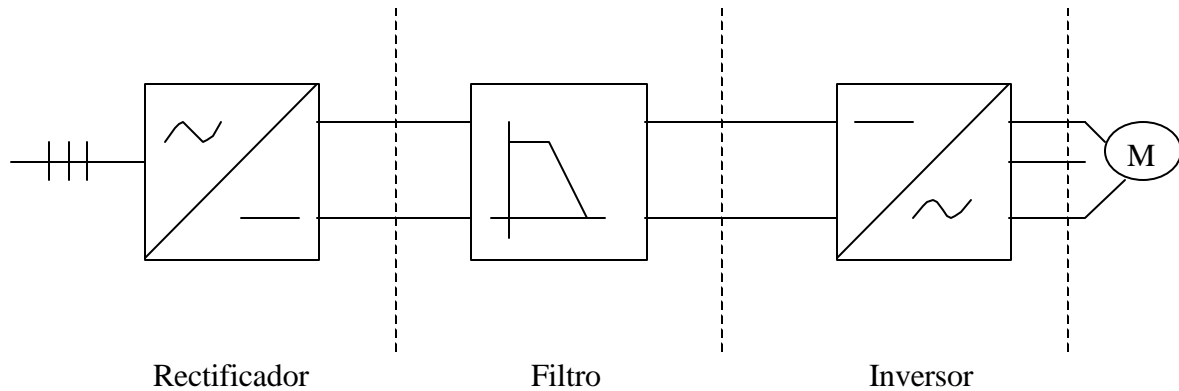


FIGURA No 60 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONVERTIDOR PARA MOTORES C.A

El rectificador es el encargado de rectificar la tensión alterna de la red para proporcionar los valores continuos de tensión y corriente, adecuados para la entrada del inversor. Generalmente. El rectificador consiste en un puente. Bien trifásico o monofásico, en función del tipo de red disponible. Para el caso de tensión de entrada constante al inversor, el rectificador es sin controlar figura No 61; en el caso de tensión de entrada variable al inversor, el rectificador es controlado figura No 62.

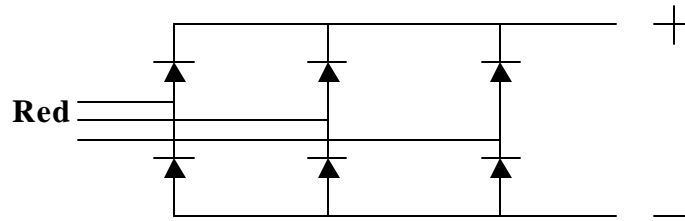


FIGURA N° 61 RECTIFICADOR TRÍFASICO SIN CONTROLAR

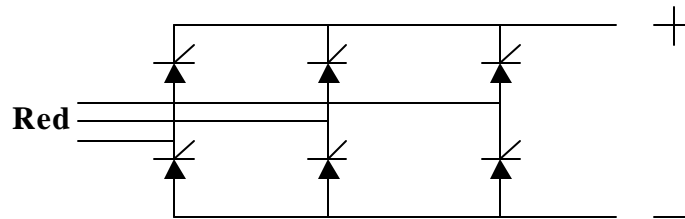


FIGURA N° 62 RECTIFICADOR TRÍFASICO CONTROLADO

El filtro, encargado de suavizar las formas de onda proporcionadas por el rectificador, básicamente corresponde a dos estructuras: filtro LC para el caso de alimentar el inversor con ataque por tensión figura No 63, y filtro mediante bobina para el caso de alimentar el inversor con ataque por corriente figura No 64.

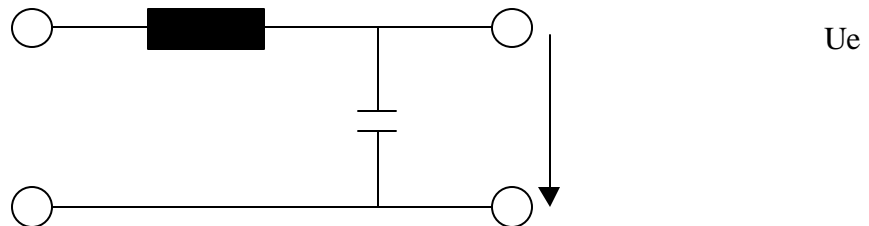


FIGURA N° 63 FILTRO LC PARA INVERSOR ATACADO POR TENSIÓN

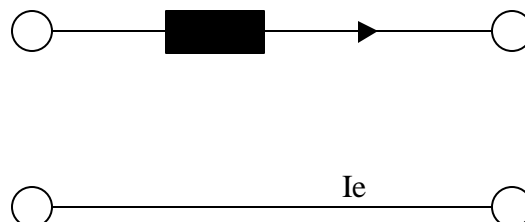


FIGURA N° 64 FILTRO L PARA INVERSOR ATACADO POR CORRIENTE

El inversor normalmente es de tipo en puente trifásico, con interruptores unidireccionales en cada rama y diodos en antiparalelo para permitir la circulación de corriente reactiva en el caso de cargas inductivas, como es el caso de un motor de alterna el esquema típico con transistores se representa en la figura No 65.

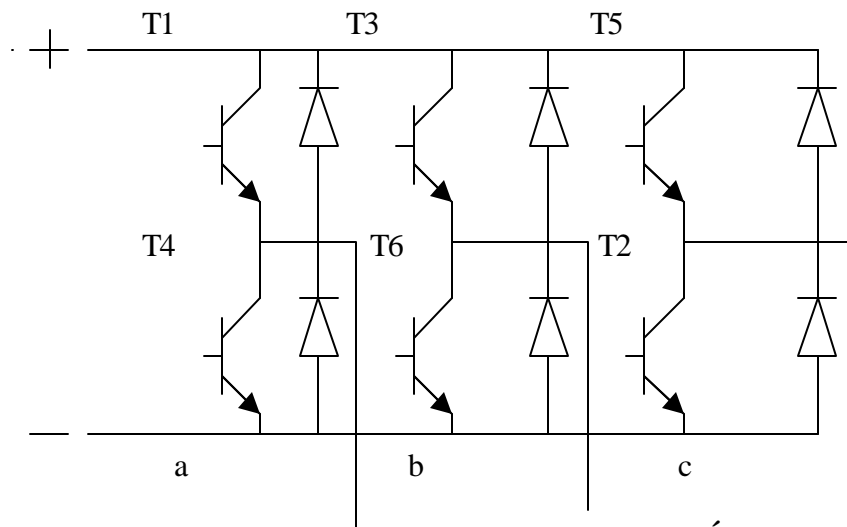


FIGURA No 65 INVERSOR EN PUENTE TRIFÁSICO

La numeración de los semiconductores empleada es normal, y representa el orden de conducción para secuencia directa de salida con la numeración de fases realizada. Los interruptores estáticos pueden ser también SCR's o GTO's. En el caso de SCR's, aunque la configuración es representada, anteriormente, se necesitan elementos auxiliares para la conmutación, ya que esta es forzada.

Los cuatro tipos de convertidores podemos clasificarlos desde el punto de vista de la maquina en dos grandes grupos: convertidores trabajando como fuente de tensión y convertidores trabajando como fuente de corriente. Nótese que esta manera de funcionamiento se refiere respecto del lado de la maquina y no del lado de entrada al inversor.

4.2.1 Convertidores Trabajando Como Fuente de Tensión

El motor ve fijadas las tensiones en sus terminales, comportándose el convertidor como una fuente de tensión con baja impedancia de salida. Básicamente, dos son los tipos de convertidores que trabajan de esta forma:

- Inversor con ataque en tensión y salida en onda cuadrada six – step. La tensión de entrada es variable para poder ajustar la tensión de salida.
- Inversor con ataque en tensión y salida en onda modulada en ancho de pulso PWM. La tensión de entrada es constante y la variación de la tensión de salida se realiza mediante modulación de la misma.

4.2.2 Convertidores Trabajando Como Fuente de Corriente

El motor ve fijadas las corrientes de estator, comportándose el convertidor como una fuente de corriente con alta independencia de salida. Básicamente dos son los tipos de convertidores que trabajan de esta manera:

- Inversor con ataque en tensión y salida PWM con control en “Bang-Bang” o funcionamiento en control de corriente. La tensión de entrada es constante y la tensión de salida es la adecuada para mantener la corriente según una referencia.
- Inversor con ataque en corriente y salida en onda cuadrada six-step. Normalmente este convertidor recibe el nombre de CSI, y el puente es de tipo autoconmutado.

A continuación estudiamos la forma de actuación y características de estos convertidores.

4.3 INVERSOR CON ATAQUE POR TENSION Y ONDA CUADRADA

4.3.1 Estructura

La estructura de este tipo de convertidor queda representada en la Figura No. 66.

El rectificador controlado, trabajando como rectificador, con un ángulo de disparo $0 < \alpha < 90^\circ$, es el encargado de proporcionar la tensión de entrada continua variable a través del filtro LC al inversor.

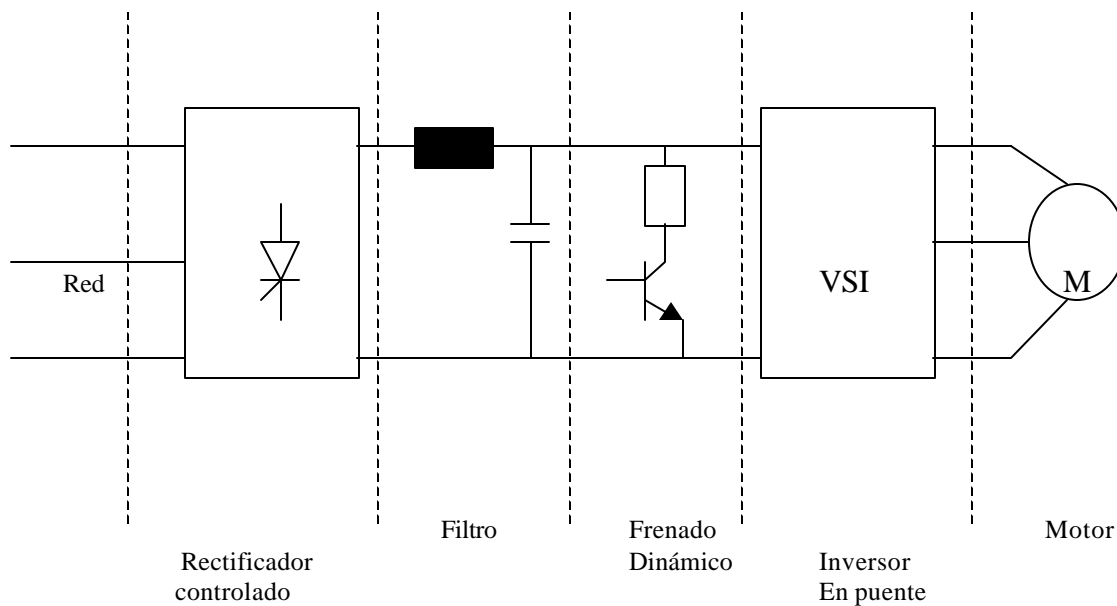


FIGURA No. 66 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR DE ONDA CUADRADA SIX-STEP

El inversor es como el representado en la Figura No. 65. Para poder realizar un frenado dinámico de la máquina es necesario intercalar a la entrada del inversor una resistencia que disipe la potencia activa cedida por el motor en esta forma de operación. Esta resistencia

está controlada por un interruptor estático que entra en conducción cuando se produce dicha forma de actuación. Mediante el esquema representado se puede realizar, por tanto, un frenado dinámico disipativo. Para poder devolver energía a la red, tendríamos que poner un rectificador en antiparalelo con el primero. No podemos aprovechar la operación como inversor no autónomo del puente rectificador, pues si la tensión de entrada al inversor cambia de signo y se hace negativa se produciría un cortocircuito a través de los diodos del inversor. Puesto que la forma de onda de salida del inversor es constante, las características de alimentación al motor se reparten en la siguiente forma:

- El puente inversor controla la frecuencia de alimentación, así como la secuencia de fases, determinando la velocidad y sentido de giro del motor.
- El puente rectificador controla la tensión de entrada al inversor, y, en consecuencia, la de alimentación al motor, siguiendo la ley $u/f = \text{cte}$.

Como consecuencia del control de fase realizado por el rectificador, el factor de potencia, desde el lado de la red, es muy pobre, empleándose en algunas ocasiones la alternativa del Figura No. 67.

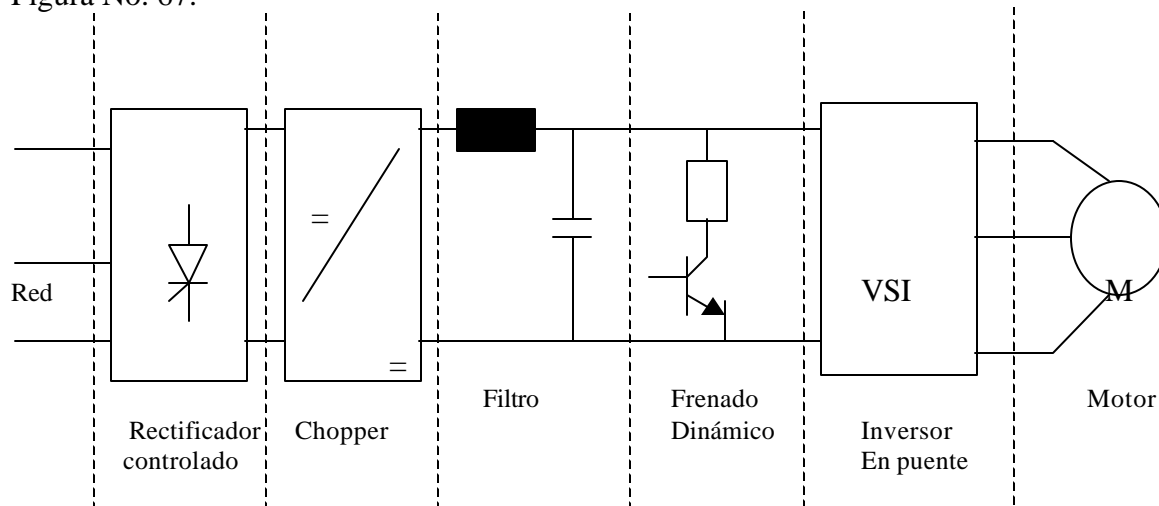


FIGURA No. 67 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR DE ONDA CUADRADA SIX-STEP CON CHOPPER PARA VARIAR LA TENSIÓN CONTINUA

En el esquema, la tensión de red se rectifica en un puente sin controlar, y la tensión variable de entrada al inversor la proporciona un chopper. De esta forma el factor de potencia desde la red se ve mejorado. El esquema de la Figura No. 67, sin el rectificador de entrada, sería el utilizado por un convertidor de este tipo cuando la fuente de energía disponible sea tensión continua (locomotoras concatenaria de tensión continua).

4.3.2 Formas de Actuación del Inversor

El control de la forma de onda de salida del inversor puede obtenerse mediante el adecuado control en la conducción de los interruptores de cada rama. Para onda cuadrada de salida caben dos posibilidades: el control a 180° y el control a 120° . En el primero de ellos, la conducción de cada interruptor en cada período de la onda de salida es de 180° (carga resistiva), y en el segundo es de 120° (carga resistiva). En el caso de carga inductiva, aunque los disparos se producen también cada 180° o 120° , la conducción efectiva es menor debido al retardo en la corriente. Los períodos de conducción o mantenimiento del interruptor cerrado para el caso de control a 180° se representa en la Figura No. 68.

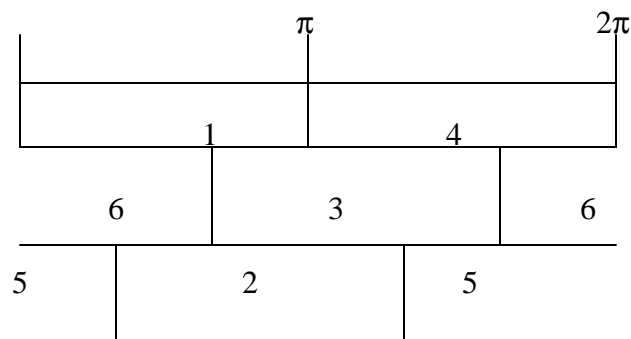


FIGURA No. 68 PERÍODOS DE CONDUCCIÓN EN CONTROL A 180°

Cada una de las fases está desfasada 120° con respecto a la anterior, para producir un sistema trifásico equilibrado. Las tensiones en los puntos medios de las ramas del puente, así como las tensiones fase-fase y fase-neutro resultantes, están representadas en la figura No. 69.

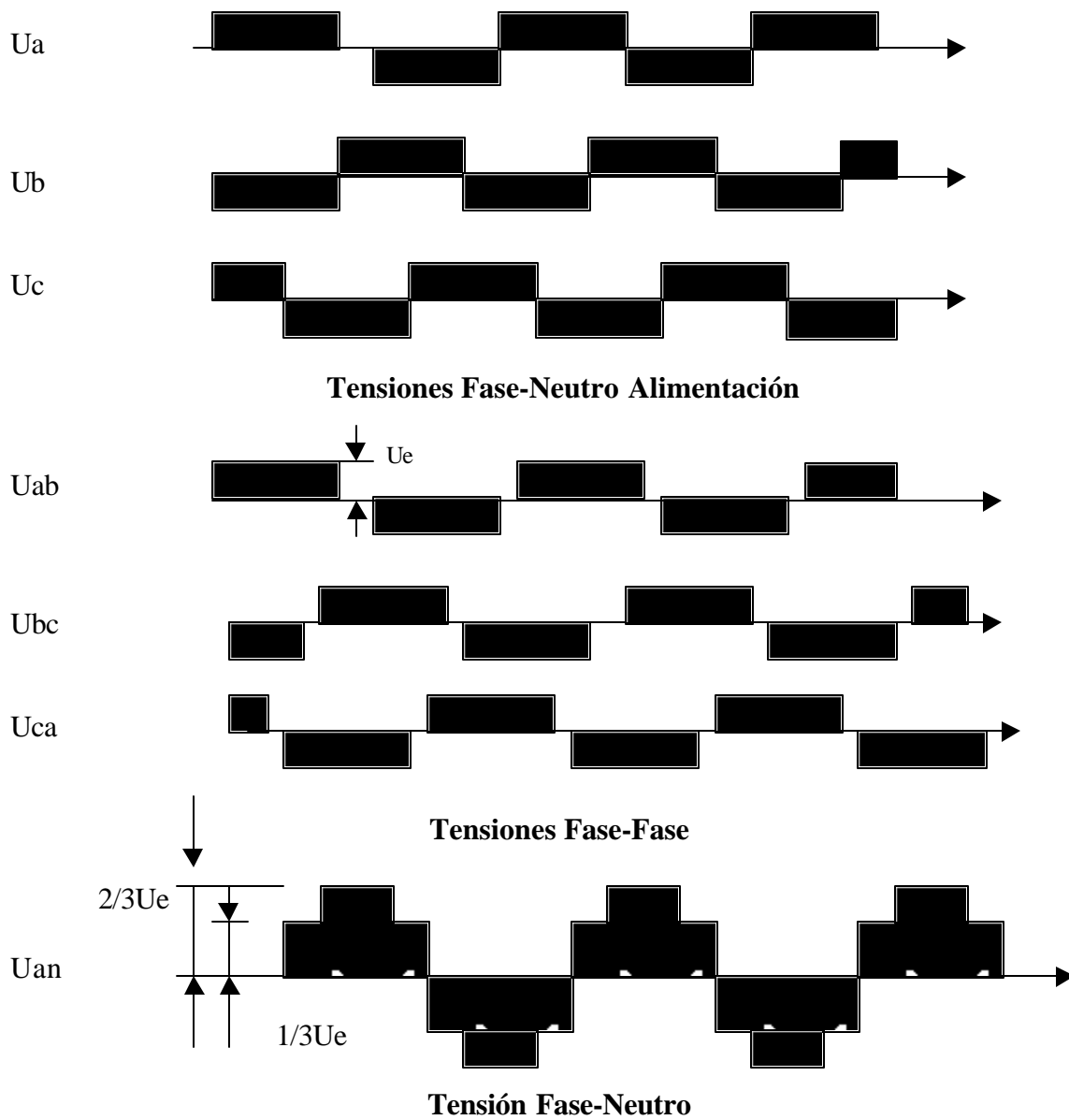


FIGURA No. 69 FORMA DE ONDA EN EL INVERSOR CON CONTROL A 180°

La corriente por la línea puede ser establecida fácilmente en función de la conexión de la carga, siendo en ambos casos de conexión en Y o Δ de la misma forma. Para el caso de carga resistiva, su forma coincide con la forma de la tensión fase-neutro, por ser la forma de onda alternada e impar.

Para el caso de carga inductiva, y despreciando los armónicos, podemos establecer unas conclusiones básicas en cuanto a la conducción de los interruptores y los diodos del inversor. En la Figura No. 70 se representa la conducción en estas circunstancias, considerando corriente totalmente filtrada en la carga. Como conclusiones importantes podemos enunciar las siguientes:

- Debido al carácter de la carga, como consecuencia del retraso de la corriente, los diodos conducen aproximadamente durante un ángulo φ , igual al factor de la carga.
- En consecuencia, los interruptores no conducen $180^\circ - \varphi$.
- Los interruptores empiezan a conducir φ° después de su disparo, lo cual obliga a realizar disparo mantenido en el caso en que éstos sean SCRs o GTOs.
- La tensión soportada de los interruptores y los diodos U_e , debiendo dimensionar a éstos adecuadamente a este respecto.

Para el caso de un motor, o en general una carga cualquiera, los resultados más exactos se obtienen mediante simulación. En el caso del motor de inducción, esto puede realizarse aplicando el modelo dinámico en campo orientado. Los armónicos en la corriente consumida por el motor son filtrados por las inductancias de la máquina. En consecuencia, a altas frecuencias de alimentación, cerca o por encima de la nominal de 50Hz, las

reactancias de la máquina son grandes y los armónicos en corriente poco significativos. A bajas frecuencias, esta situación empeora, pudiendo causar problemas de calentamiento en la máquina.

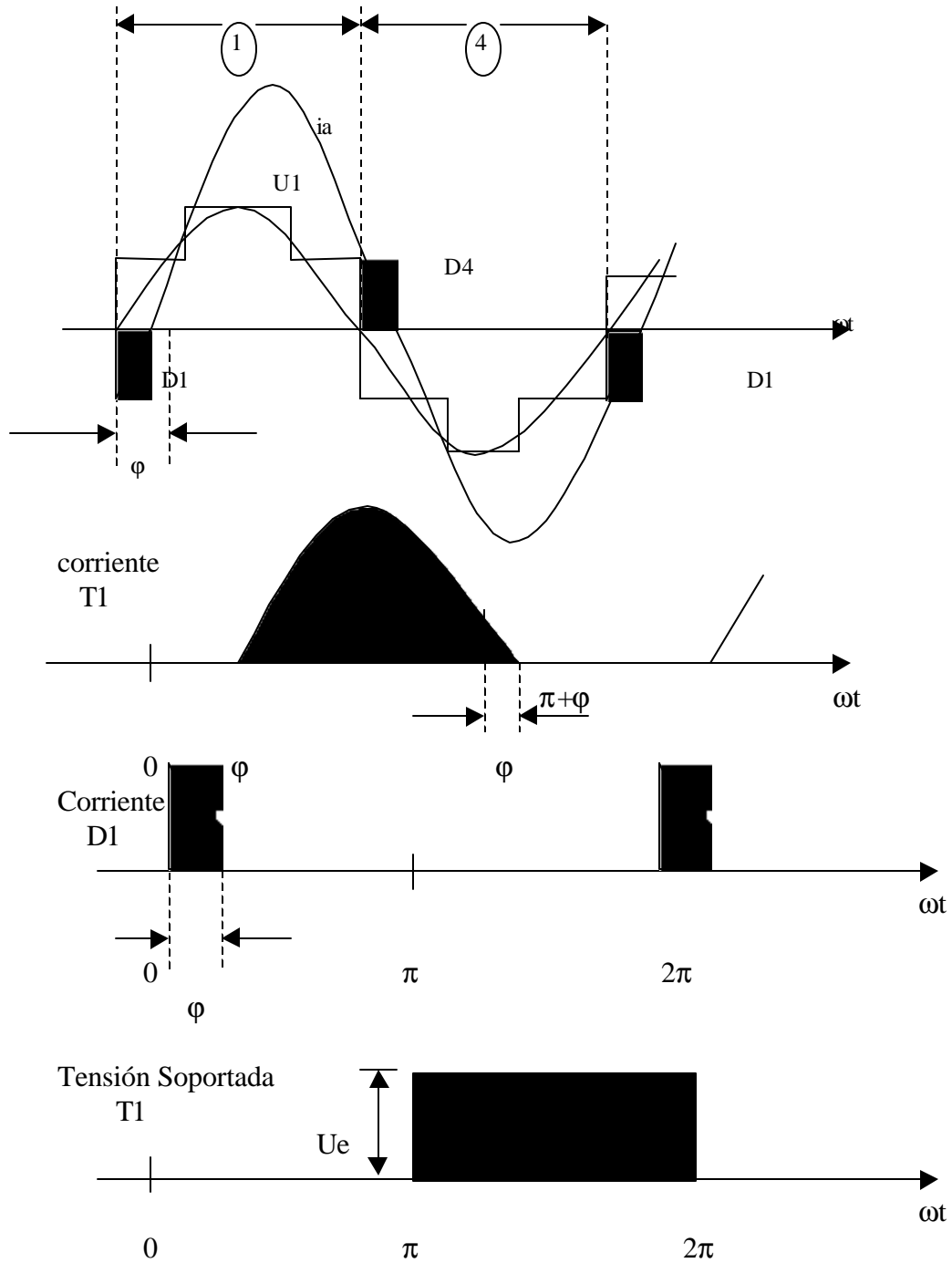


FIGURA No. 70 CONDUCCIÓN EN UNA RAMA CON CONTROL A 180° Y CARGA INDUCTIVA

Cuando la máquina se alimenta con un convertidor trabajando con fuente de tensión, interesa, desde el punto de vista de armónicos en la corriente, que el motor presenta una alta inductancia de fugas. Esto, por otro lado, es malo, pues empeora el rendimiento del mismo. No obstante, a la hora de elegir entre unos motores que cumplan las especificaciones para una aplicación, puede elegirse el de más inductancia de fugas, para minorizar el problema anteriormente mencionado, el convertidor con control a 120° no suele utilizarse debido a que los diodos conducen durante más tiempo, con lo cual se carece el convertidor al tener que utilizarlos más grandes. Por otra parte, con esta forma de control, la tensión de salida del inversor tiene menor valor del fundamental. En la Figura No. 71 se presentan los períodos de conducción y las formas de onda de tensión en la salida.

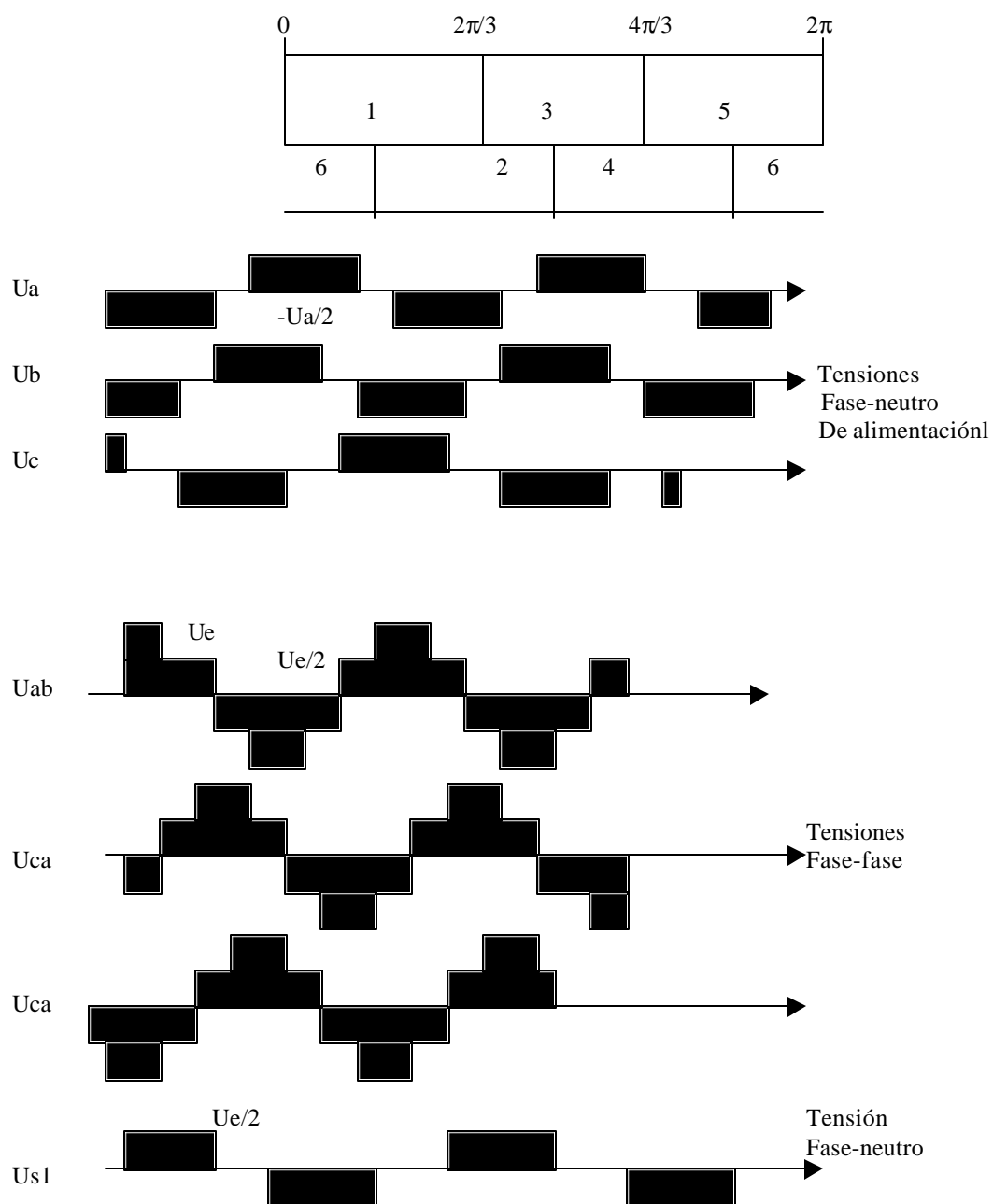


FIGURA No. 71 PERÍODOS DE CONDUCCIÓN Y FORMAS DE ONDA EN EL INVERSOR CON CONTROL A 120°

4.3.3 Capacidad de Frenado

Puesto que el frenado ha de realizarse en forma disipativa, a no ser que se ponga otro rectificador en antiparalelo a la entrada de red, el poder de frenado estará dado por la capacidad de potencia disipable en la resistencia de entrada al inversor en la Figura No. 66.

La capacidad de frenado está como la potencia activa que el convertidor es capaz de absorber del motor. Apareciendo en la figura No 72 de la curva característica de frenado en estas condiciones.

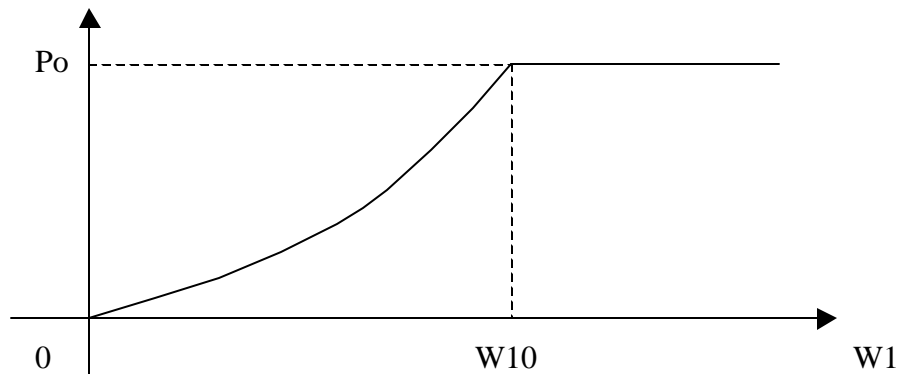


FIGURA No 72 CAPACIDAD DE FRENADO DEL CONVERTIDOR EN ONDA CUADRADA

El instante en el cual se produce el frenado se reconoce porque la corriente continua que fluye hacia el rectificador de entrada carga al condensador del filtro, aumentando la tensión en éste por encima del valor prefijado por el ángulo de disparo con que trabaja el convertidor. Esto puede utilizarse para hacer entrar en conducción al interruptor que gobierna la resistencia de frenado. Puesto que el frenado la corriente la conducen los diodos del inversor, para frenar con corriente nominal en el motor, éstos han de estar

dimensionados para poder soportarla. Por otro lado, este frenado no puede hacerse con corriente constante en todo el margen de velocidades, debiendo realizar un adecuado control sobre la corriente o sobre el deslizamiento de frenado para no sobrepasar la potencia admitida

4.4 INVERSOR CON ATAQUE POR CORRIENTE Y ONDA CUADRADA

4.4.1 Estructura

En la figura No 73 aparece la estructura de este tipo de convertidor

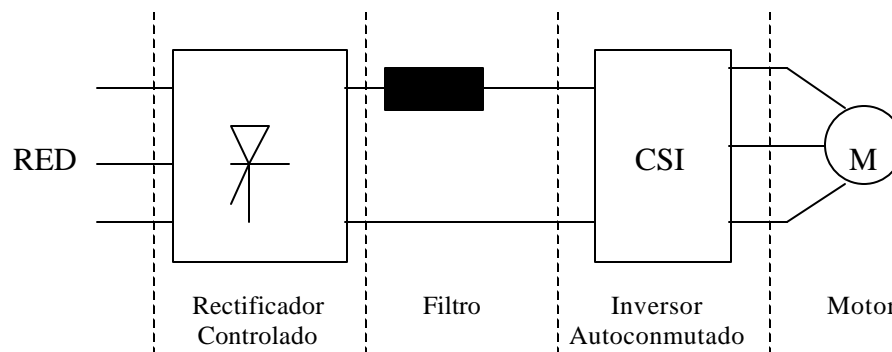


FIGURA No 73 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR ATACADO POR CORRIENTE Y ONDA DE SALIDA CUADRADA (CSI)

El puente rectificador colocado a la entrada proporciona la tensión continua rectificada desde la red, la cual es convertida en corriente constante mediante la bobina de filtrado. De esta forma, la entrada al inversor es una corriente constante (i_e). El puente de entrada trabaja como rectificador con un ángulo de disparo $0 < \alpha < 90^\circ$ en la zona en que la máquina se utiliza como motor y puede trabajar como inversor no autónomo con un ángulo

de disparo $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ devolviendo energía a la red, en la zona en que la maquina es utilizada como generador. El inversor es de tipo autoconmutado y su esquema queda representado en la Figura No 74.

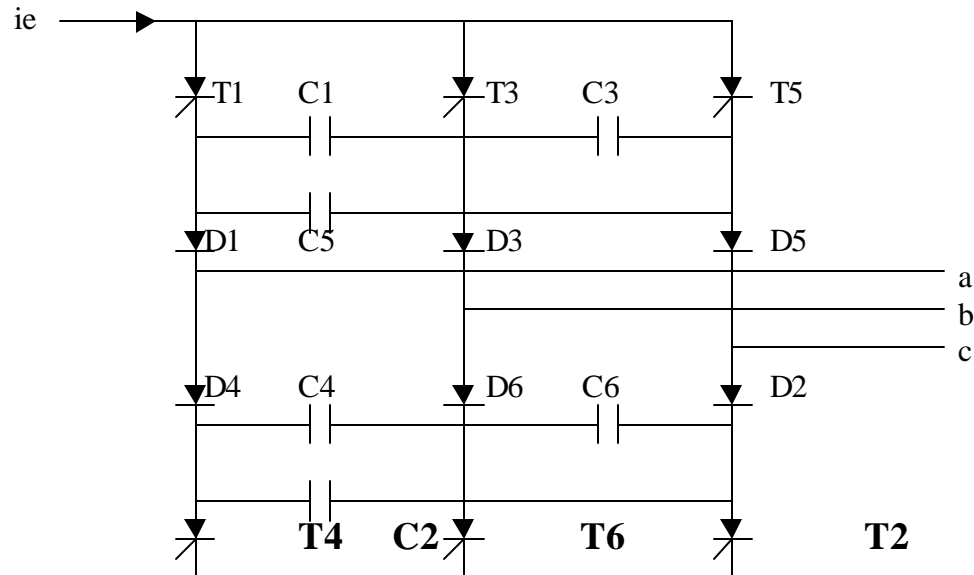


FIGURA No 74 INVRESOR SIX –STEP AUTOCONMUTADO

Su nombre de six – step autoconmutado viene de la forma de onda de corriente a la salida y de la forma de conmutar los SCRs de cada rama. Evidentemente. Respecto del punto de vista del motor, este convertidor se comporta como una fuente de corriente: los SCRs son los interruptores estáticos encargados de conmutar la corriente, los condensadores proporcionan la energía necesaria para la conmutación y los diodos aíslan los condensadores de la carga.

- El puente inversor controla la frecuencia de alimentación, así como la secuencia de fases, determinando la velocidad y sentido de giro del motor.

- El puente rectificador controla la tensión de entrada al filtro en L, el cual transforma dicha tensión en corriente constante (i_e), para mantener constante la corriente magnetizante en la maquina, una vez transformada en alterna en el inversor.

Debido a las características del puente de entrada, el factor de potencia desde la red es malo, pudiendo mejorarse empleando el esquema de la Figura No 75

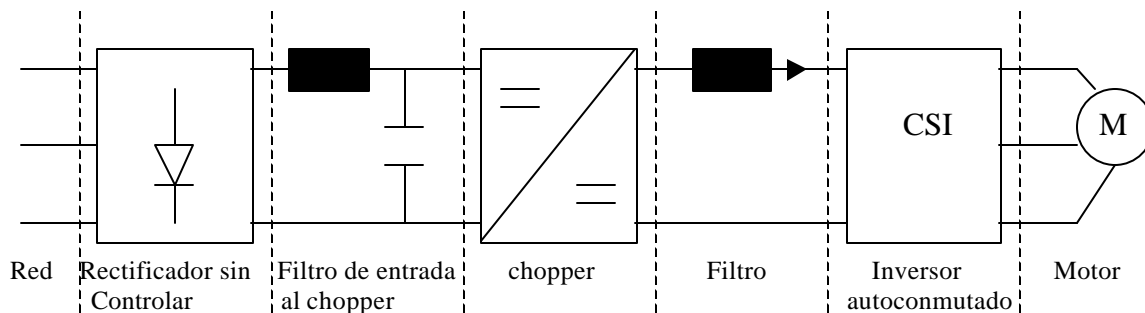


FIGURA No 75 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR ATACADO POR CORRIENTE Y CHOPPER PARA VARIAR LA TENSIÓN CONTINUA

En este caso, el chopper controla la tensión continua de entrada al filtro. Puesto que el puente de entrada es sin controlar, y dadas las características unidireccionales del chopper, no es posible realizar con este esquema un frenado dinámico con devolución de energía a la red. Será necesario en este caso intercalar una resistencia a la salida del chopper para poder realizar un frenado disipativo.

4.4.2 Forma de Actuación del Inversor

El establecimiento de la forma de onda de corriente a la salida del inversor se realiza mediante un control a 120° . De esta forma solamente conducen dos SCR simultáneamente, uno de la parte superior y otro de la inferior. Un SCR es conmutado, disparando el

adyacente de la siguiente fase, produciéndose el bloqueo mediante fuente inversa de tensión, a través de los condensadores. En la figura No 76 aparecen los periodos de conducción, la corriente conducida por cada SCR y la forma de la corriente de línea en la salida

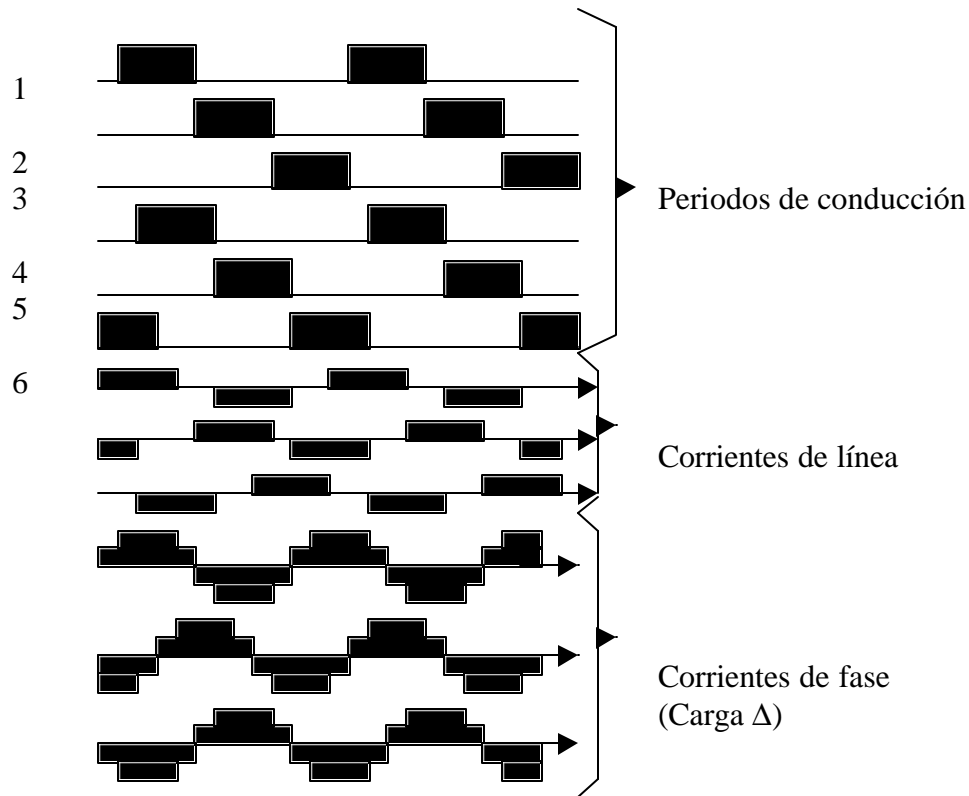


FIGURA Nº 76 PERÍODOS DE CONDUCCIÓN DE ONDA DE CORRIENTE A LA SALIDA DEL INVERSOR

En la Figura No 77 se han construido las tensiones fase – neutro y fase – fase que habría en la entrada del motor, suponiendo esté trabajando en un punto con factor de potencia dado por el ángulo φ . El disparo del SCR T4 produce un ángulo φ después de que la tensión fase – fase U_{ca} ha pasado por cero. Esta sería la situación correspondiente a una conmutación ideal en el inversor, sin embargo, esto no es así, debido a las características del circuito de apagado y los elementos auxiliares.

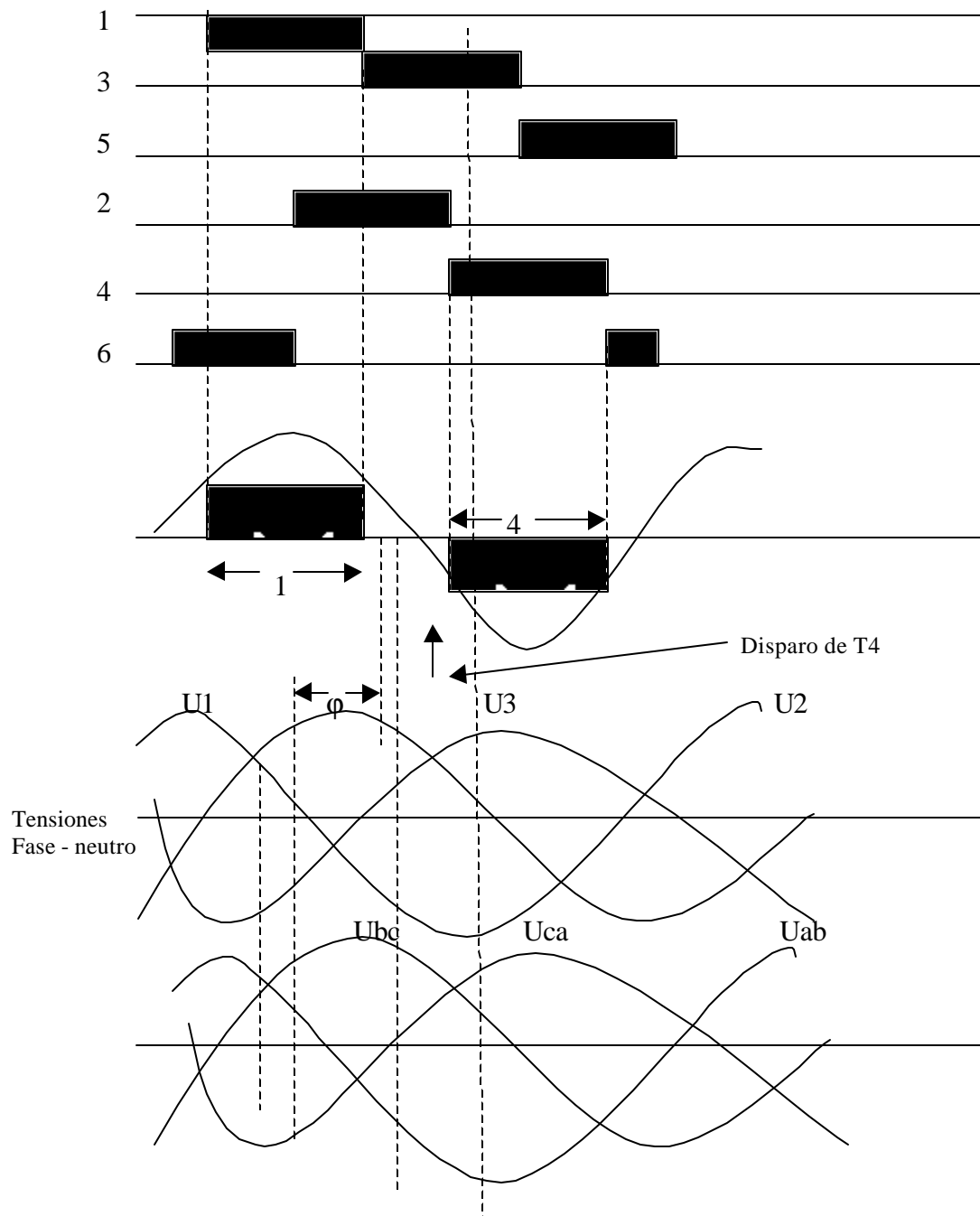


FIGURA N° 77 FORMA DE ONDA DE SALIDA EN EL CONVERTIDOR IDEAL Y ENTORNO DEL PUNTO DE CONMUTACIÓN DE LA RAMA 2 A LA RAMA 4

4.5 INVERSOR CON ATAQUE POR TENSIÓN Y SALIDA EN PWM

4.5.1 Estructura

La estructura de este tipo de convertidor puede verse en la Figura No 78.

El rectificador de entrada, sin controlar, proporciona una tensión continua a la salida, tras cuyo filtrado es aplicada al inversor. Esto constituye una característica que lo define de otros convertidores. En este caso, la tensión de entrada al inversor se mantiene constante. Dos ventajas fundamentales se deducen de este hecho. Por un lado el factor de potencia desde el lado de la red se mejora considerablemente al utilizar un rectificador sin controlar a la entrada.

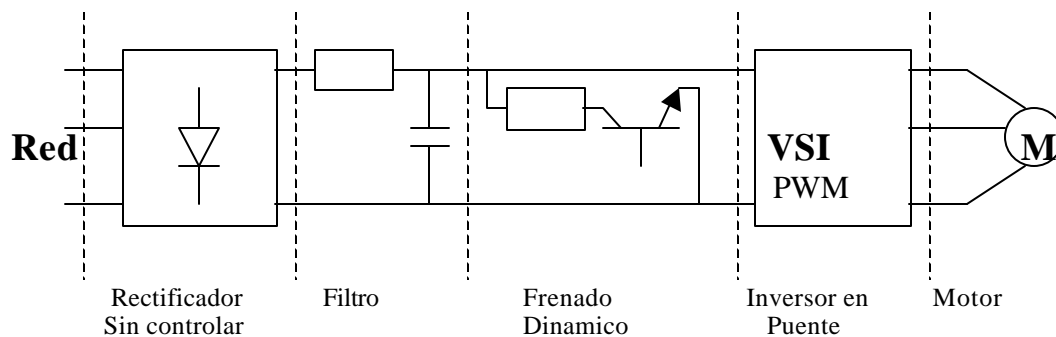


FIGURA No 78 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR CON TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE Y SALIDA EN PWM

Al mantener fijo el valor de la tensión en la entrada del inversor, la capacidad de frenado mediante disipación en resistencia ha de ser mayor que el caso del inversor six-step. Como en el convertidor de onda cuadrada, el frenado ha de hacer disipativo a no ser que se disponga de otro rectificador en antiparalelo con el de entrada. En la Figura No. 78 aparece la típica resistencia de frenado junto con el interruptor estático que la gobierna. El inversor

utilizado tiene normalmente la estructura en puente y corresponde a la configuración de la Figura No. 65. Son necesarios los diodos en antiparalelo para la conducción de la corriente reactiva, y, en el caso de utilizar SCRs como interruptores, estos deben llevar los consiguientes circuitos de bloqueo forzado. Tanto las características de frecuencia como la tensión de alimentación al motor se realizan en el inversor, variando la salida mediante las técnicas de modulación de ancho de pulso PWM. No obstante, vamos a ver seguidamente cómo con esta estructura, en función del control de la modulación de la tensión de salida realizada, el convertidor puede comportarse como fuente de tensión o fuente de corriente respecto de las terminales del motor.

4.5.2 Forma de Actuación del Convertidor

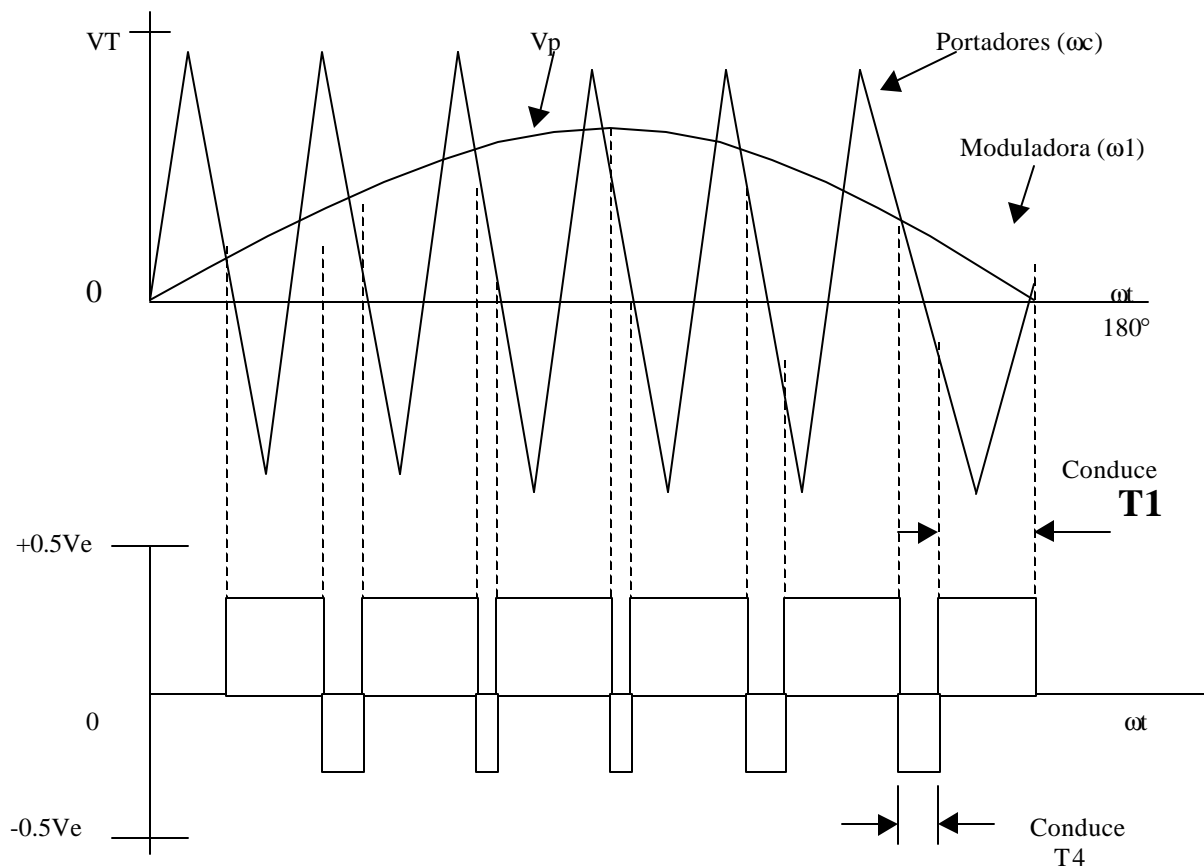
Dos formas básicas de actuación pueden realizarse mediante un convertidor de este tipo. Desde el punto de vista de la máquina, el convertidor se puede comportar como una fuente de tensión o una fuente de corriente. Ambos tienen sus ventajas y aplicaciones, las cuales están relacionadas con la forma de actuación del motor ante estos tipos de alimentación. El convertidor puede recibir como señales de referencia de entrada la tensión de referencia a generar y la frecuencia de la misma. En este caso se modula la señal de salida, para que el valor de tensión en la misma sea el indicado por las referencias. En este caso el convertidor se comporta como fuente de tensión, pues el motor ve en sus terminales una tensión fija. También se puede enviar una referencia de corriente y adecuar la tensión de salida en todo momento, de forma que la corriente de salida se mantenga constante. Esta forma de funcionamiento fija la corriente del motor, y por tanto éste ve una corriente fija en sus

terminales, comportándose el convertidor como una fuente de corriente desde este punto de vista. Cuando el convertidor trabaja de esta última forma, se dice que está controlado en corriente o con control "Bang-Bang". Es decir, dos comportamientos básicos podemos esperar del convertidor:

- Comportamiento en fuente de tensión. La tensión de salida se varía modulando el ancho de pulso, con diversas técnicas suficientemente conocidas.
- Comportamiento en fuente de corriente. La tensión de salida varía en función de un bucle de corriente de forma que el motor ve impuesta la corriente en sus terminales.

4.5.3 Comportamiento como Fuente de Tensión. Control de la Tensión de Salida Mediante PWM

Las tensiones de modulación están ampliamente estudiadas y reflejadas sus aplicaciones en concreto. A modo de ejemplo, para ver el funcionamiento del equipo podemos estudiar la modulación senoidal, la cual es un ejemplo típico de actuación. En la Figura No. 79 puede observarse la generación de los períodos de conducción de los semiconductores de una rama.



**FIGURA No.79 MODULACION DE ANCHO DE PULSO SENOIDAL.
OBTENSIÓN DE LA TENSIÓN DE UNA FASE RESPECTO NEUTRO FICTICIO
DE ENTRADA**

Sobre una señal moduladora de pulsación ω_1 , que determina la frecuencia de la componente al motor, se superpone una portadora triangular de pulsación ω , la cual determina la frecuencia de conmutación de los semiconductores empleados en el puente. La generación completa de las tres fases se consigue desfasando 120° entre sí la obtención de los distintos pulsos de disparo. En la Figura No. 80 aparecen las típicas formas de onda obtenidas en la tensión fase-fase y neutro-fase de la alimentación del motor.

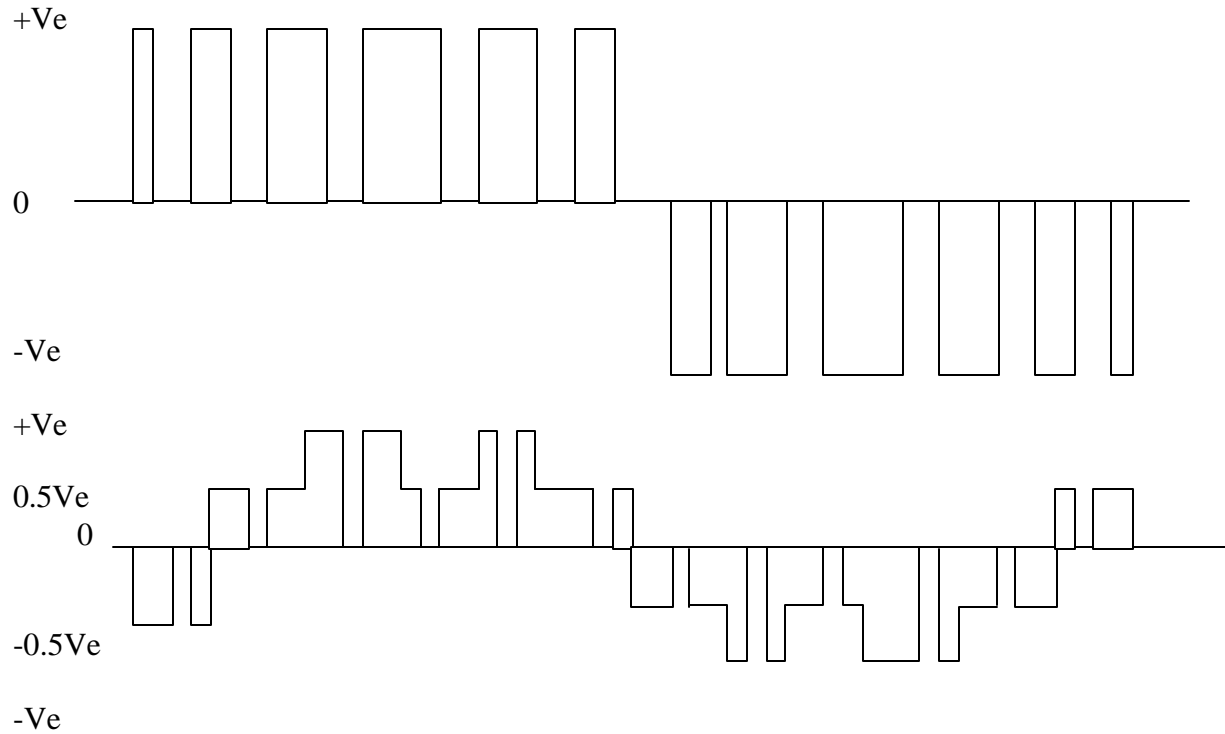


FIGURA No. 80 TENSIONES FASE-FASE a) Y FASE.NEUTRO b) DE UNA ONDA MODULADA PWM

Debiendo llegar a un compromiso entre pérdidas en el inversor, debido a una gran frecuencia de conmutación, y pérdidas en el motor a una baja frecuencia de conmutación. Esto puede conseguirse mediante simulación.

La frecuencia de conmutación típica se muestra en la Figura No. 81

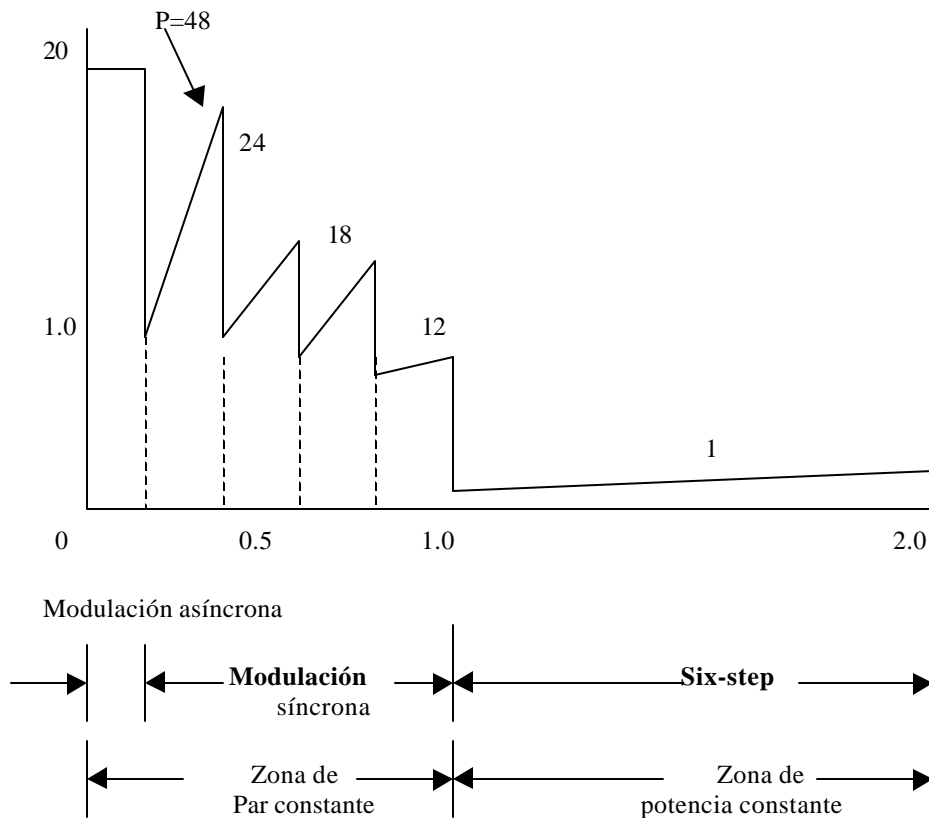


FIGURA No. 81 TÍPICA FORMA DE MODULAR EN CONVERTIDORES TRABAJANDO COMO FUENTE DE TENSIÓN

En la zona de bajas velocidades, la frecuencia de conmutación se mantiene constante, operando el convertidor en modo de modulación asincrónica. A partir de un determinado valor de la frecuencia de salida se produce una modulación síncrona, permaneciendo en el valor de P dentro de una zona aconsejable para el buen funcionamiento del inversor. Cerca de la frecuencia nominal de alimentación y por encima de ella se produce una conmutación a funcionamiento en modo six-step con onda cuadrada a la salida. Los cambios en el índice P suelen hacerse con una pequeña histéresis para evitar inestabilidades de funcionamiento en torno a la frecuencia de salida en la cual se conmutan el número de impulsos por semiciclo.

Otras técnicas de modulación están basadas en la alimentación de armónicos, trabajando directamente con la forma de onda de salida, y calculando los ángulos de disparo para evitar el valor de la componente fundamental y eliminar los armónicos deseados. La típica forma de onda bidireccional de la tensión a la salida, siendo ésta la correspondiente a la existente entre una fase y el neutro hipotético de la tensión continua de entrada, se representa en la Figura No. 82

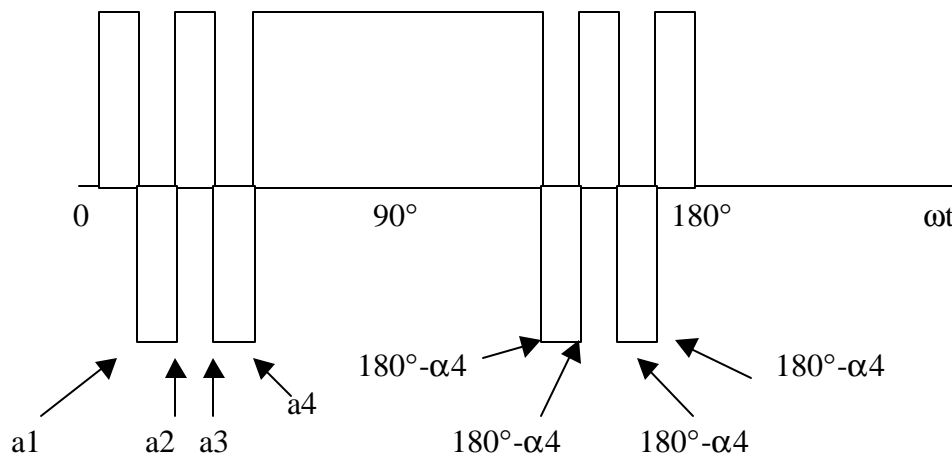


FIGURA N° 82. FORMA DE ONDA Y ÁNGULOS DE DISPARO EN UNA ONDA BIDIRECCIONAL PARA ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS

La generación de los ángulos de disparo es fácil aplicando el control del convertidor mediante microprocesadores y aplicando las técnicas mediante generación de estructuras de mando con la teoría de la "Rosa de mando".

Mediante el empleo de transistores pueden conseguirse equipos con potencia de kW, y mediante el empleo de SCRs puede llegarse a MW. Naturalmente la frecuencia de conmutación está condicionada por los componentes empleados, y en consecuencia la versatilidad del PWM depende de estos factores. Por ejemplo para equipos de gran

potencia, por encima de MW, la frecuencia máxima de conmutación suele situarse en 1KHz, mientras que con el empleo de SCRs especiales, con tiempos de recuperación inferiores a 20 μ s, la potencia queda limitada por debajo del MW.

4.5.4 Comportamiento como Fuente de Corriente. Control de la Tensión de Salida en "Bang-Bang"

Una posibilidad que ofrece el controlar la tensión de salida mediante modulación de ancho de pulso, PWM, consiste en adecuar constantemente ésta, para que la corriente consumida en el motor sea la prefijada mediante una referencia. La técnica básica consiste en mantener positiva la tensión sea inferior a la frecuencia, y negativa en caso contrario. Dos formas básicas se pueden emplear para conseguir esto:

- Comparación mediante histéresis.
- Comparación a frecuencia fija.

En la Figura No. 83 se representa la generación de la tensión en una fase mediante la comparación con histéresis.

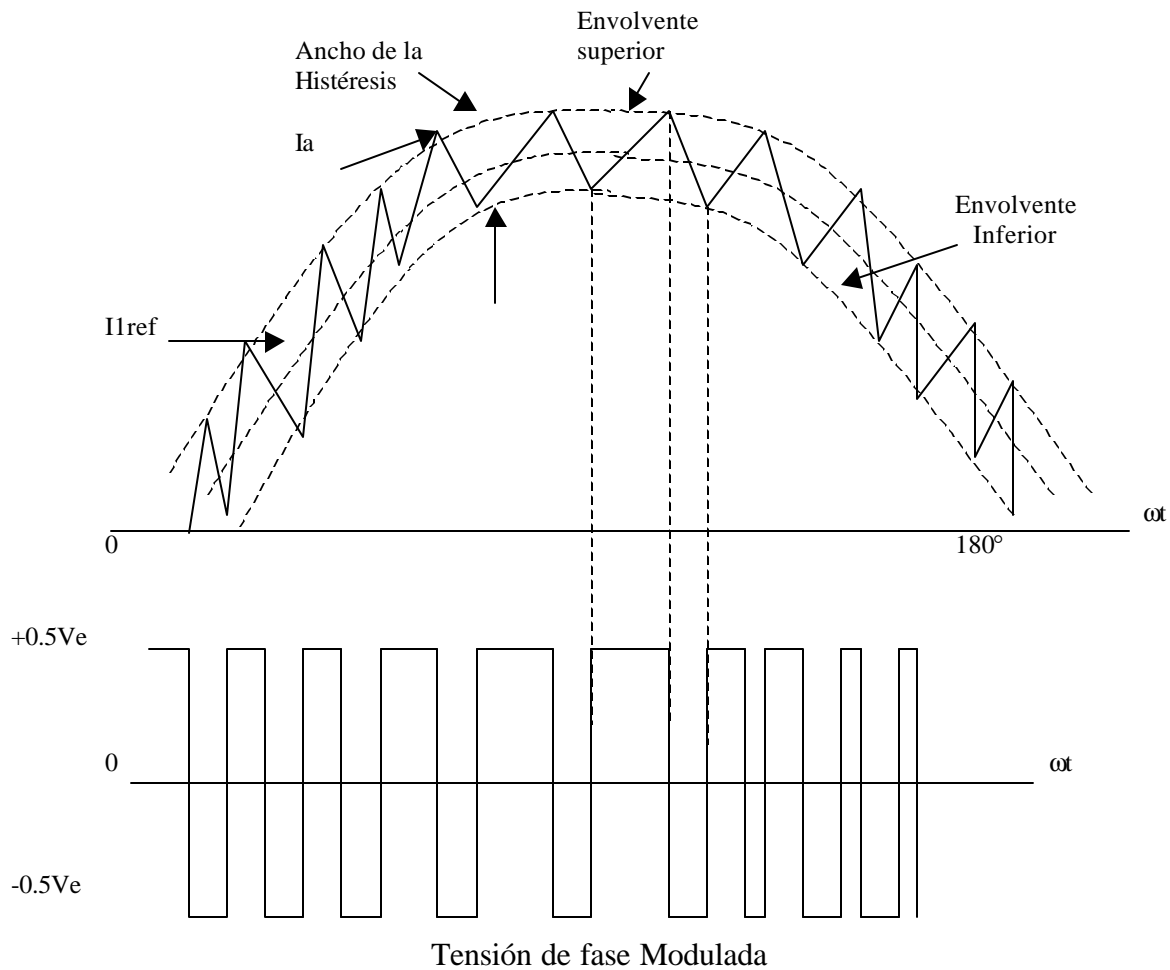
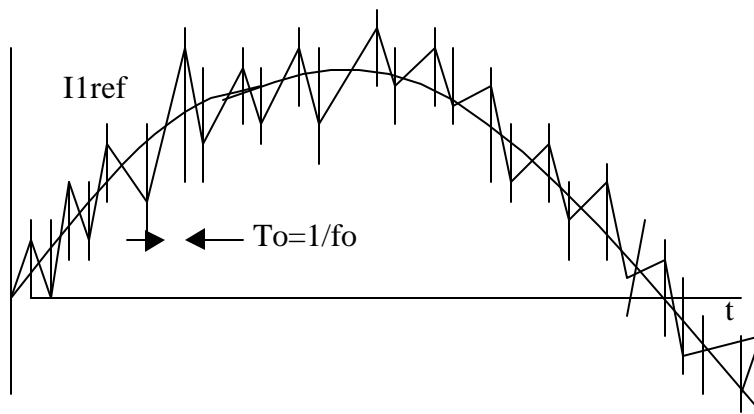


FIGURA No. 83 OBTENSIÓN DE LA TENSIÓN DE FASE EN CONTROL "BANG-BANG" MEDIANTE HISTÉRESIS

La generación de las otras dos fases se realiza en misma forma, pero generando referencias de corriente desfasadas 120° . La frecuencia de la corriente de salida, o de la componente fundamental de la tensión de salida, viene implícitamente indicada en la corriente de referencia. La frecuencia de conmutación y el factor de forma de la corriente de salida depende de la ventana de la histéresis. Para una ventana pequeña obtenemos una buena forma de onda de corriente con una frecuencia de conmutación grande. El caso contrario ocurre con una ventana grande.

En la Figura No. 84 se representa la generación de la tensión para una fase en el caso de comparación a frecuencia fija. Cada intervalo de tiempo fijo, determinados por la frecuencia de conmutación F_0 , se comparará la corriente en el motor con la de referencia, manteniendo la tensión de salida positiva o negativa en función del resultado de la comparación.



Tensión de fase de Modulada

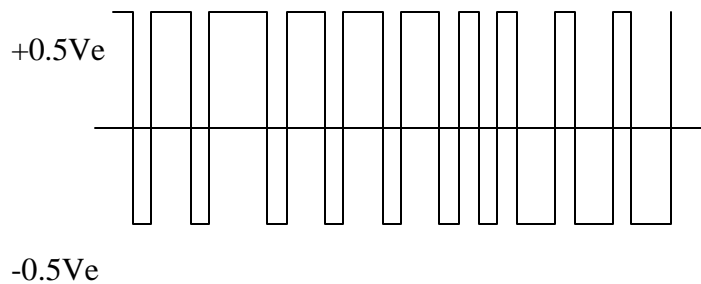


FIGURA No. 84 OBTENCIÓN EN UNA FASE EN CONTROL "BANG-BANG" Y COMPARACIÓN A FRECUENCIA FIJA f_0

La aplicación fundamental de esta forma de actuación, con control en bang – bang radica en el hecho de que la corriente en el motor está impuesta, y presenta un contenido bajo en

armónicos. Esto es aplicable en sistemas de posicionamiento con control, como servoaccionamientos. Debido a la gran frecuencia de conmutación necesaria, el margen de potencias que puede conseguirse es pequeña, estando el límite alrededor de los 10 kW, y la frecuencia de conmutación esta limitada en el orden de los 15 kHz. Para aplicaciones de baja potencia, se muestran ideales los transistores MOSFET, los cuales pueden actuar con una gran frecuencia de conmutación, hasta 25 kHz, consiguiendo unas características muy buenas en baja frecuencia. Como desventaja de estos componentes podemos indicar las pérdidas en el inversor debido a la resistencia de conducción. Como ventaja adicional está la facilidad de puesta en paralelo de los mismos, debido al coeficiente positivo de temperatura de la resistencia en conducción.

TABLA No 3 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONVERTIDOR EN FUNCIÓN DE LA APLICACIÓN

	CF	VSI	CSI	PWM	PWM BANG
Veloc fija (bombas, ventil.)	(1) <input type="radio"/>	(1) <input type="radio"/>	(1) <input type="radio"/>	(1) <input type="radio"/>	(1) <input type="radio"/>
Regulación veloc Veloc variab (Aplic. Gen.)		(2) <input type="radio"/>	(3) <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bucle abierto (no importa la precisión de la veloc)	(4) <input type="radio"/>	(4) <input type="radio"/>	(5) <input type="radio"/>	(4) <input type="radio"/>	(5) <input type="radio"/>
Tipo Regulación Bucle cerrado (Presición de velocidad prefijada)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Bajas (Sistemas con gran inercia, tracción)	(6) <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(7) <input type="radio"/>
Prestaciones Din Altas (Aplicac. Generales, sistemas de baja frecuencia)		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pocos (Presición en baja vel) (Servosistemas)		(9) <input type="radio"/>	(9) <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(8) <input type="radio"/>
Armonicos de par (Máquinas herramientas) a baja velocidad		(9) <input type="radio"/>	(9) <input type="radio"/>		(10) <input type="radio"/>
No importan excesivamente (Aplicaciones generales con limitada baja velc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bajo (Bombas, ventiladores, aplicaciones generales)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Par de arranque Limitado constante, Alto (par constante, trac, pot bobin)		(9) <input type="radio"/>	(9) <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Por inercia mecánica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dinám. Progres. (alto en alta vel., bajo en baja vel)	(13) <input type="radio"/>	(11) <input type="radio"/>	(12) <input type="radio"/>	(11) <input type="radio"/>	(11) <input type="radio"/>
Capacid de fren Dinám. Alto en todo el margen de vel			(12) <input type="radio"/>	(11) <input type="radio"/>	(11) <input type="radio"/>
Si Motores en paral			(24) <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

☐

Accionamiento utilizable

() Buscar en notas sobre las tablas

Fuente: Criterio de diseños convertidores estáticos para accionamientos regulados en corriente alterna con motores de inducción. José Luis Aparicio M.1987.

TABLA No 4 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CONVERTIDORES

	CF	VSI	CSI	PWM	BANG BANG
Armónicos en red y maquina	Grandes calent	Grandes Calent(9)	Grandes Calent(9)	Pocos Red onda cuadrada	Pocos Red onda cuadrada
Factor de potencia en red	Malo	Malo(14)	Malo(14)	Bueno	Bueno
Costo total del equipo	Pequeño	alto	Alto(15)	Alto(16)	alto(16)
Eficiencia	Pobre	Media	Buena	Buena	Buena
Tipo de motor	Clase D(17)	Clase A(17)	Clase A(17)	Clase A(17)	Clase A(17)
Cuadrantes de trabajo(18)	1	2(19)	4(19)	2(19)	2(19)
Robustez	Muy alta	Alta	Muy alta	Media	Media
Facilidad de mando y control(20)	simple	Simple(22)	simple(21)	Complic	Complic

Fuente Criterio de diseños convertidores estáticos para accionamientos regulados en corriente alterna con motores de inducción. José Luis Aparicio M.1987.

TABLA No 5 GAMA BASICA DE POTENCIA

CSI	>MW	SCR	No se puede emplear otro componente
VSI - PWM	150 Kw 1 MW > 1 MW	Transistor GTO SCR	5 kHz 1 kHz < 1 kHz
Bang - Bang	10 Kw 1 Kw	Transistor MOSFET	15 kHz 25 kHz

Fuente Criterio de diseños convertidores estáticos para accionamientos regulados en corriente alterna con motores de inducción. José Luis Aparicio M.1987.

4.5.5 Notas Sobre las Tablas

1. Salvo necesidad de gran par de arranque, no es necesario su uso, sirviendo los equipos con control de fase.
2. Limitada baja frecuencia por armónicos de par y calentamiento en la máquina
3. Limitada alta velocidad por los procesos de conmutación
4. Necesario realizar un control de la corriente para no exceder los límites del equipo de potencia
5. No es posible su utilización debido al trabajo en la característica mecánica inestable
6. Muy malas prestaciones dinámicas, limitadas por la curva par – deslizamiento del motor a frecuencia nominal
7. No merece la pena su uso para estas aplicaciones
8. Mejores características que en convertidor PWM en fuente de tensión
9. Es necesario modular la señal de salida a baja frecuencia (< 10 Hz). Para evitar problemas de calentamiento en la máquina y armónicos de par
10. No merece la pena el uso de este convertidor en estas aplicaciones
11. Necesario otro convertidor para frenado con devolución a la red
12. Inmediato frenado dinámico con devolución de energía a la red trabajando en cuatro cuadrantes. Puede también realizarse frenado disipativo
13. Posible frenado en plugging limitando la corriente
14. Mejorable mediante rectificador sin controlar y chopper
- 15.** Debido a los condensadores y semiconductores de alta tensión a emplear como consecuencia de picos de tensión en las conmutaciones
16. Depende de los semiconductores a emplear y la frecuencia de conmutación

17. Tipo de motor a utilizar
18. Se refiere a los cuadrantes cuando el equipo trabaja en modo generador devolviendo energía a la red
19. Considerando el frenado disipativo, trabajan en cuatro cuadrantes
20. Se refiere a cuando éste se realiza en régimen permanente
21. Sólo complicado por el generador no lineal
22. Muy simple con voltaje y frecuencia constante se complica algo si compensamos en cada punto el voltaje para mantener constante el flujo
23. Tabla orientativa, dependiente para cada caso concreto del mercado disponible en ese momento
24. En los equipos trabajando como fuente de corriente es posible cuando los motores están uniformemente cargados y son idénticos (tracción). En el caso de aplicaciones con multimotores para una buena sincronización puede ser necesario el control dinámico en campo orientado
25. En caso de una necesidad de perfecta sincronización es necesario utilizar control de campo orientado

4.6 REGULACION DE LOS ACCIONAMIENTOS A VELOCIDAD VARIABLE CON MOTORES DE AC

El conjunto regulador de corriente alterna – motor puede constituir un variador de velocidad en bucle cerrado figura No 85. La velocidad medida por una dinamo tacométrica se compara a la referencia (N_o), a la entrada de un regulador de la velocidad. Si el error es

positivo ($N_0 > N$), el regulador de corriente alterna aumenta la tensión aplicada al estator, y por lo tanto el par, hasta que $N = N_0$; en caso contrario ($N_0 < N$), el regulador de corriente alterna disminuye la tensión aplicada al motor.

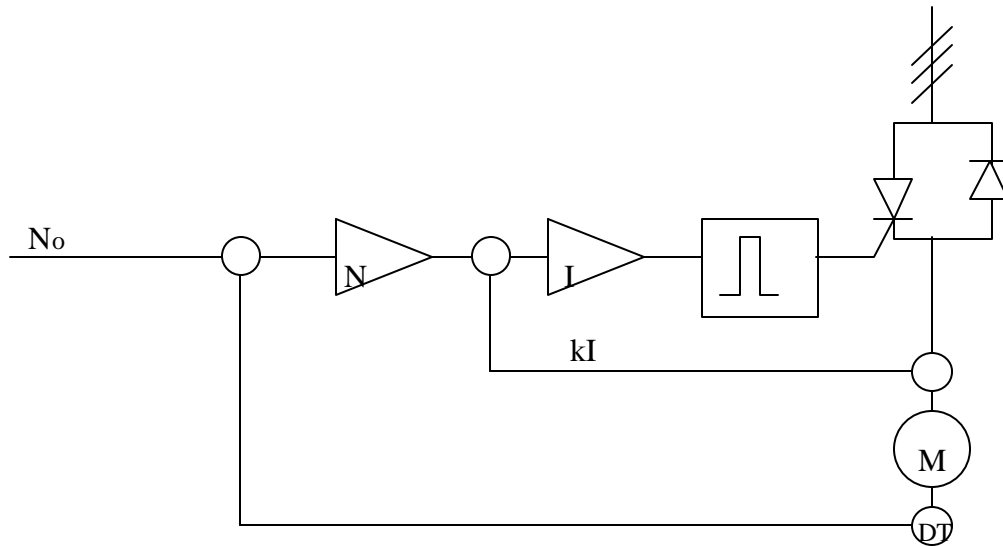


FIGURA N° 85 ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD CON UN REGULADOR DE CORRIENTE ALTERNA

Al añadir un regulador – limitador de intensidad; entonces obtenemos un conjunto de regulación, de estructura parecida a la de un motor de corriente continua. La estabilidad no presenta ningún problema si el motor es tal que se obtiene una intersección unívoca entre la característica de la carga y del par de función de la velocidad, para diferentes valores de la tensión del estator. En general sucede así en los motores de elevado deslizamiento (del orden del 10%) Sin embargo, notaremos que las prestaciones (precisión, rapidez, estabilidad) son menos brillantes que las de los accionamientos con motores de corriente continua

4.6.1 Cascada Hiposíncrona

La estructura de regulación en cascada comparable a la utilizada para los motores de corriente continua figura No 86. La velocidad se regula por el bucle exterior, comparando la referencia (N_o) con la velocidad real (N)

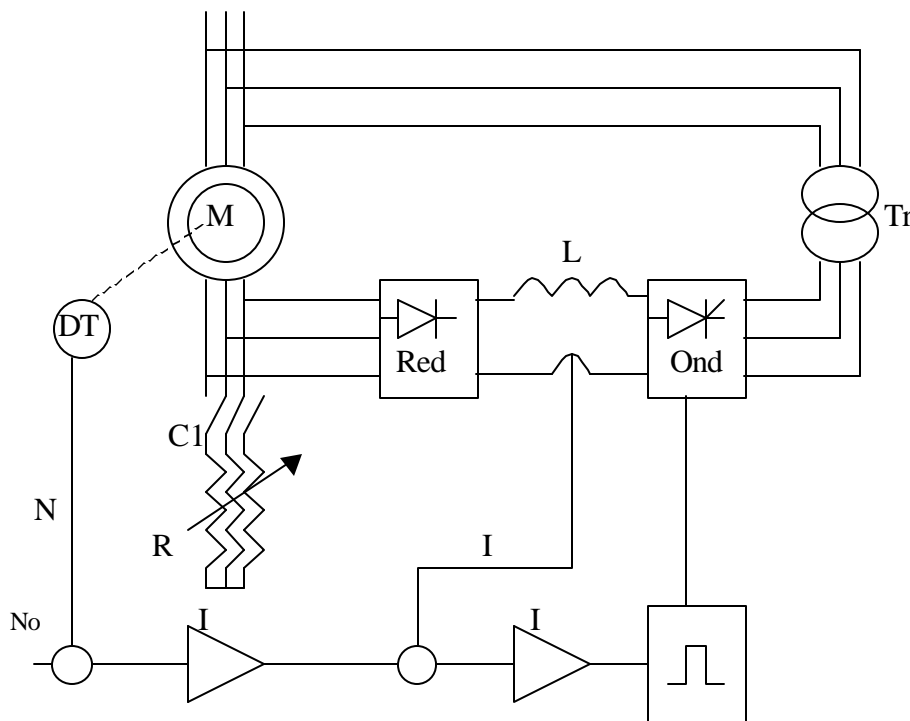


FIGURA No 86 ESQUEMA DE CONJUNTO: ARRANQUE Y REGULACIÓN

La salida del regulador de velocidad es la referencia del regulador de intensidad (y por lo tanto del par) que constituye el bucle interior.

Las prestaciones estáticas que se obtienen son completamente correctas, las prestaciones dinámicas (rapidez) son modestas, pero suficientes para las aplicaciones de la cascada hiposíncrona.

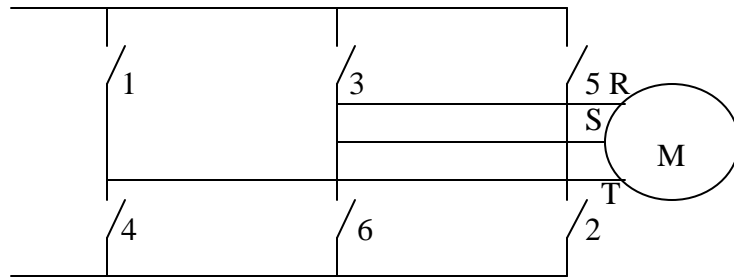
Hace falta, por lo tanto, un reóstato de arranque, y la secuencia es la siguiente: se lleva al motor a una velocidad ligeramente superior a la correspondiente, se activan los impulsos

del puente ondulator y se elimina la resistencia mediante el contactor C1. A continuación la variación del deslizamiento la realiza el conjunto de la cascada.

4.6.2 Motor de Inducción a Frecuencia Variable

1 Control

- Los cicloconvertidores conmutados por la red utilizan el mismo tipo de circuitos de control que los variadores para motores de corriente continua.
- Para los ondulator sin modulación, encontramos dos tipos de control:
 - control a 120° (figura No 61b)
 - control a 180° (figura No 61c)
- Para los ondulator con modulación de anchura de impulso, los circuitos de control aseguran a la vez el control de la frecuencia y la regulación de la tensión aplicada al motor



a) ESQUEMA DE PRINCIPIO

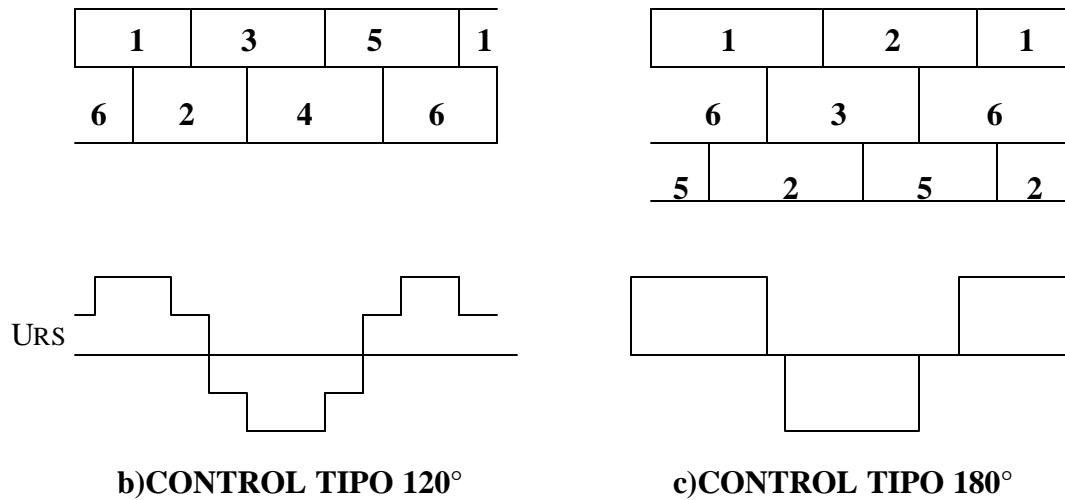


FIGURA N0 87 CONTROL DE ONDULADORES CON " ONDA COMPLETA"

- En la actualidad, estas funciones se encuentran en el mercado en forma de circuitos integrados

2 Regulación

- La tensión alterna de alimentación U_1 produce un flujo alterno por par de polos

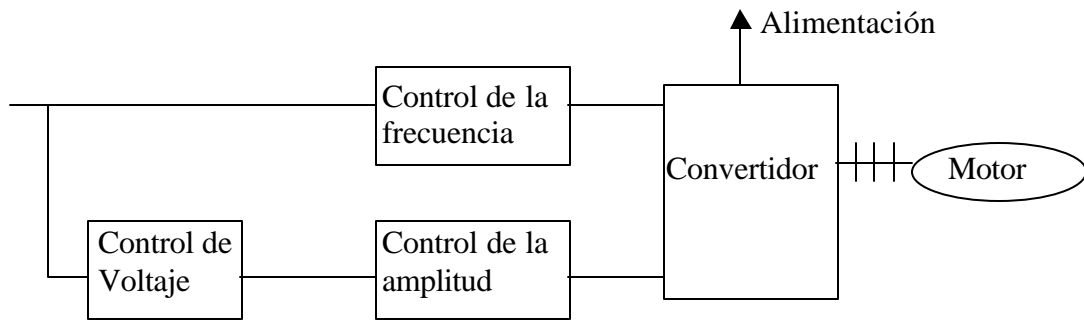


FIGURA N° 88 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN EN BUCLE ABIERTO

- El funcionamiento a velocidad variable de un motor de inducción se puede hacer en bucle abierto si el convertidor se considera de alimentación como una red de tensión y frecuencia variable, lo que es cierto para los onduladores de tensión y cicloconvertidores. Esta forma de regular la velocidad del motor es posible mientras no haya la necesidad de una variación brusca y rápida de la misma. Se actúa directamente sobre los generadores de impulsos que controlan el convertidor en tensión y frecuencia figura No 88.

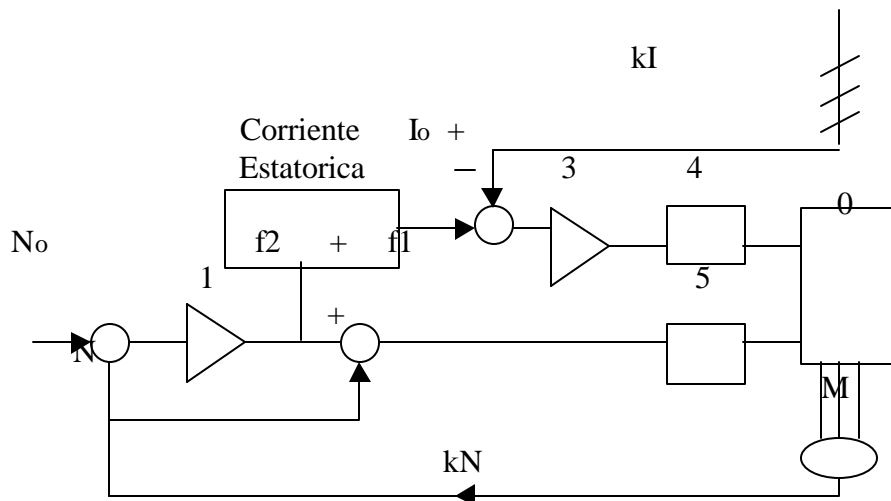


FIGURA N° 89 ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON FLUJO CONSTANTE

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 0 – Convertidor de frecuencia | f_1 – Frecuencia estator |
| 1 – Regulación de velocidad | f_2 – Frecuencia rotor |
| 2 – Traductor de función | I_o – Referencia de intensidad |
| 3 – Regulador de intensidad | N_o – Referencia de velocidad |
| 4 – Control de la corriente | |
| 5 – Control de la frecuencia | |

Esta forma de regulación permite trabajar como motor y como generador (frenado) y da buenas prestaciones tanto estáticas como dinámicas

El generador de función que acabamos de ver puede dar lugar desde el punto de vista industrial, a ciertas limitaciones (conocimiento preciso de las características del motor, intercambiabilidad). El esquema de la figura No 90 elimina estas limitaciones

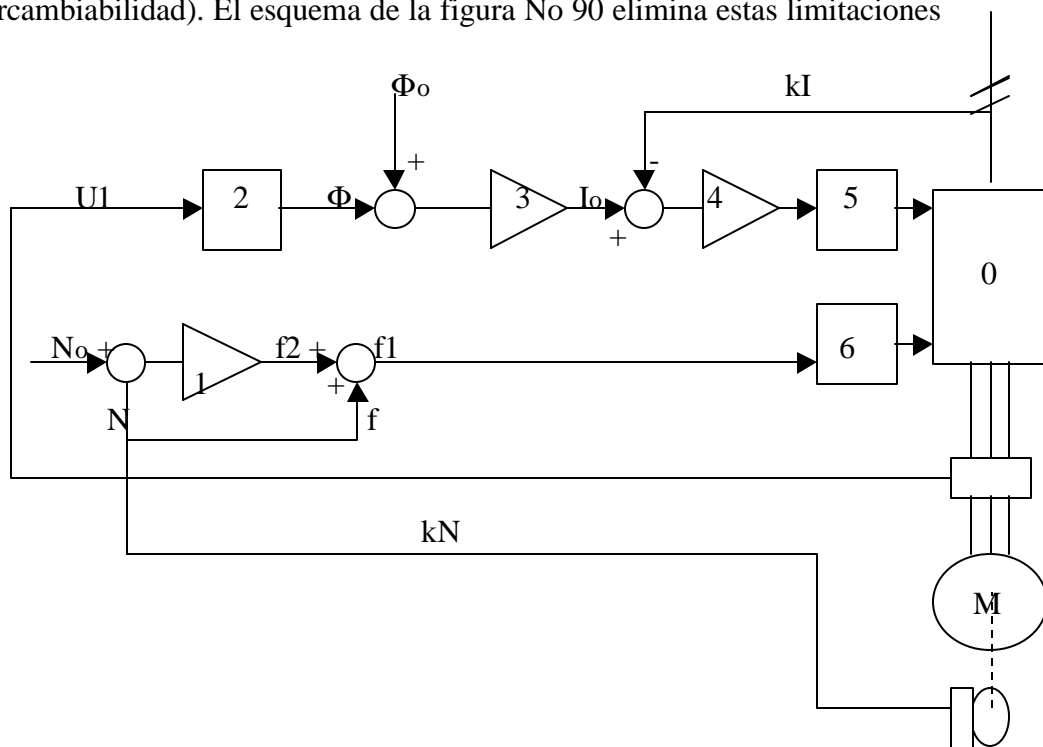


FIGURA No 90 ESQUEMA DE BLOQUES DE LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON BUCLE DE FLUJO

0 – Convertidor de frecuencia	4 – Regulador de intensidad
1 – Regulador de velocidad	5 – Control de la intensidad
2 – Elaboración de la señal de flujo	6 – Control de la frecuencia
3 – Regulador de flujo	Φ_0 – referencia de flujo

Un bucle de flujo (3) que toma como señal de retorno la integral (2) de la tensión estatorica, recibe una referencia constante (Φ_0). Su salida sirve de referencia a un regulador de corriente (4) que gobierna a los circuitos de control del convertidor de corriente (5). La señal de error del regulador de velocidad (1) es la imagen del par que debe suministrarse y, dado que el flujo se mantiene constante por el bucle precedente, está directamente ligada a la frecuencia de las corrientes rotóricas (f_2). La señal de velocidad proporciona la velocidad proporciona la velocidad real, y por lo tanto la imagen de la frecuencia de rotación (f). La suma de (f) y (f_2) da la referencia de la frecuencia estatórica que gobierna a los circuitos de control (6) de la alimentación del motor. Estos incluyen un convertidor tensión frecuencia y un generador de impulsos clásico.

- Regulación sin dinamo tacométrica

En numerosas aplicaciones de motores de inducción a velocidad variable, es difícil instalar una dinamo tacométrica (ausencia de un 2° extremo del árbol, etc.). por otra parte, en general, no se busca una gran precisión de velocidad porque un bucle más extremo ya regula el proceso (bucle de temperatura, de presión, de caudal, etc.). en estos casos se puede utilizar el esquema de la figura No 91.

Las señales (corriente estator) y (tensión estator), facilitadas por los respectivos transformadores con aislamientos y adaptación, sirven para elaborar, por una parte, una señal (corriente activa) I_a , y por otra, una señal (modulo tensión estator) $|U_1|$. Estas señales las suministra en forma analógica un generador de función (1)

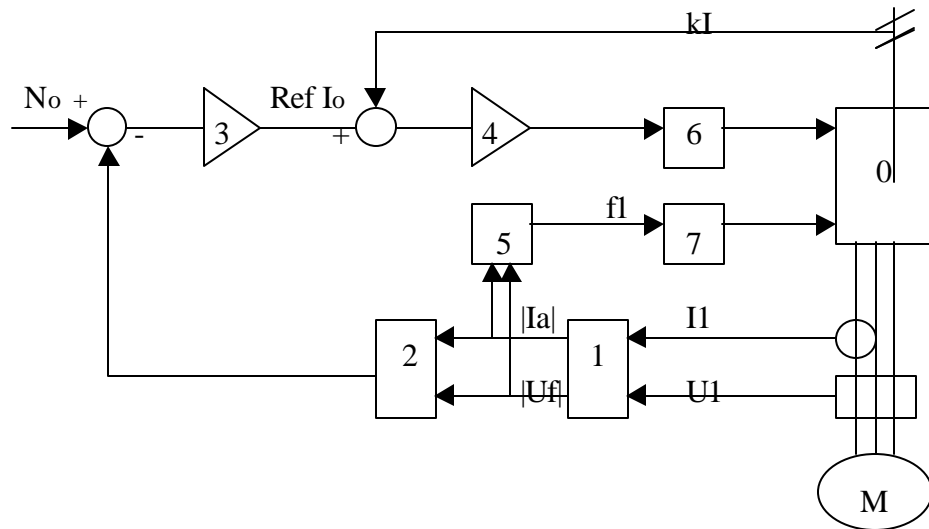


FIGURA N° 91 REGULADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN SIN DINAMO TACOMÉTRICA

- | | |
|--|--|
| 0 – Convertidor de frecuencia | 5 – Elaboración de la frecuencia estator f_1 |
| 1 – Elaboración de $ U_1 $ y $ I_a $ | 6 – control de la intensidad |
| 2 – Elaboración de la señal de velocidad | 7 – control de la frecuencia |
| 3 – Regulador de velocidad | I_a – I activa |
| 4 – Regulador de intensidad | |

El bloque (2) elabora una señal (U_1) – $K(I_a)$, que representa la velocidad de rotación del motor. (K) es un factor constante que depende de las características del motor. La diferencia de esta señal con una señal de referencia de velocidad (N_o) se aplica al regulador de velocidad (3), cuya salida produce la referencia (I_o), amplitud de la corriente estator.

Esta señal, comparada con la señal de retorno de corriente KI, entra en el regulador de intensidad (4) que actúa sobre el control (6) del convertidor de corriente.

Simultáneamente, la señal $|U_1|$, afectada de una constante de tiempo y combinada convenientemente con la señal $|I_a|$ (con avance de fase de filtro) sirve para elaborar una señal analógica que representa la frecuencia estatórica. Esta operación se efectúa en el rectángulo (5). Esta última señal se transforma en impulsos de cebado de los tiristores del convertidor de frecuencia, mediante un convertidor de frecuencia, mediante un convertidor tensión – frecuencia, un divisor de frecuencia y unos amplificadores de impulsos, contenidos en el bloque (7).

En el caso de que sean suficientes prestaciones dinámicas más modestas, aún se puede simplificar más el esquema de regulación. A título de ejemplo 92 muestra un esquema de regulación muy sencillo, aplicado, aquí, a un troceador – conmutador con transistores.

La referencia de velocidad (N_0) es suministrada por una rampa.

En primera aproximación, basta con mantener, en bornes de la maquina, una tensión proporcional a la frecuencia. En realidad, hay que tener en cuenta las caídas de tensión en función de la carga y el deslizamiento.

La regulación es del tipo cascada y está constituida por:

1 un regulador de velocidad (2) que tiene por señal de retorno la tensión estatórica, medida a la entrada del convertidor y corregida en función de la corriente

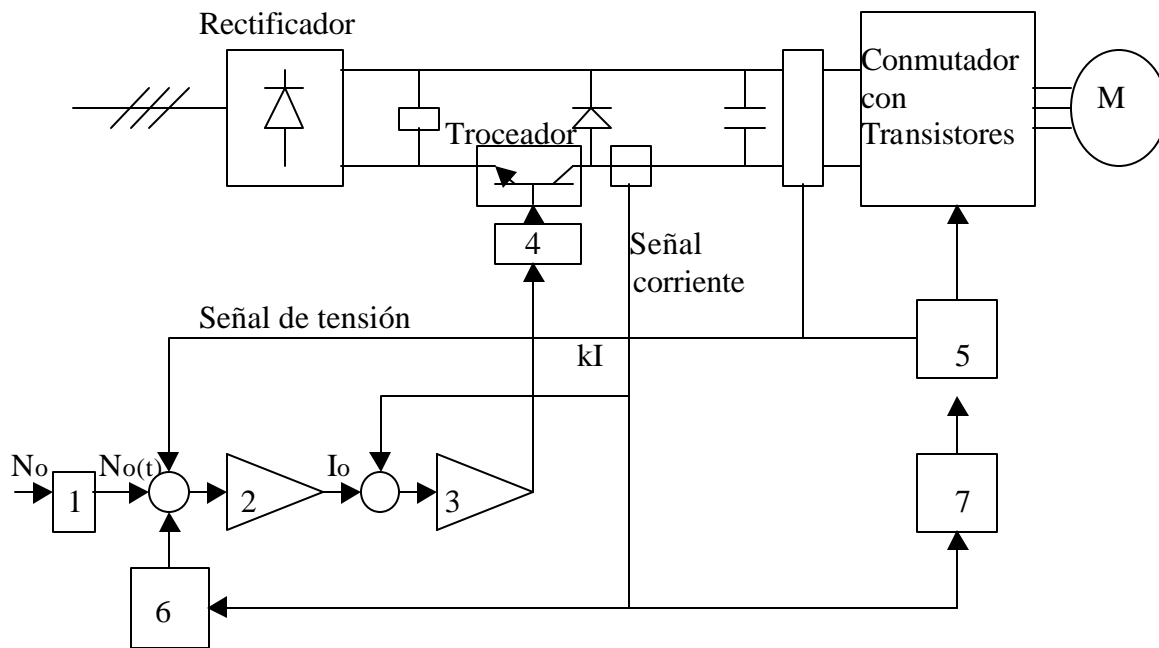


FIGURA N° 92 REGULADOR DE VELOCIDAD, SIN DINAMO TACOMÉTRICA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN, ESQUEMA SENCILLO APLICADO A UN TROCEADOR – CONMUTADOR CON TRANSISTORES

- 1 – Rampa de velocidad patrón.
- 2 – Regulador de velocidad
- 3 – Regulador de intensidad
- 4 – Circuito de control del troceador
- 5 – Convertidor tensión - frecuencia
- 6 – Corrección de la tensión en función de la carga
- 7 – Corrección de la frecuencia en función de la carga

3. Un regulador de intensidad (3) que recibe su referencia del regulador de velocidad y gobierna el circuito de control (4) del troceador de tensión con transistores.

La frecuencia de trabajo del conmutador con transistores es proporcional a la tensión estática compensada por un término corrector, introducido por el circuito (7), proporcional a la carga, y por lo tanto a la corriente, destinado a compensar el deslizamiento.

Observación sobre las prestaciones:

La regulación de los motores de inducción es más compleja que la de los motores de corriente continua, porque presenta un parámetro suplementario que es la unión elástica de los flujos estator y rotor. Eso hace más difícil la obtención de prestaciones dinámicas mejores, por el contrario las prestaciones estáticas pueden ser completamente comparables

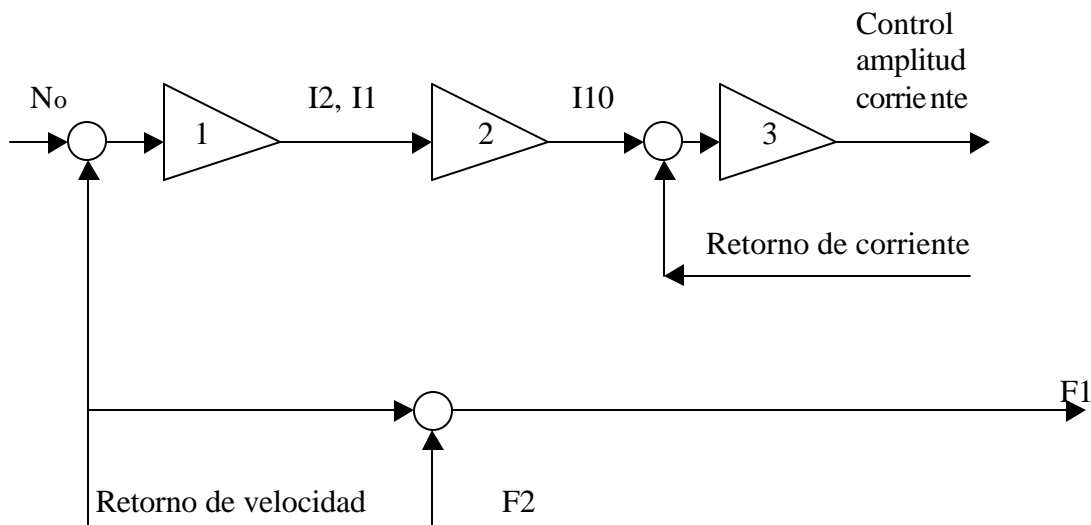


FIGURA Nº 93 DIAGRAMA DE REGULACIÓN CON FUNCIONAMIENTO A FLUJO VARIABLE Y FRECUENCIA A LAS CORRIENTES

1 – Rectificador	11 – Regulador de velocidad
2 – Inductancia de alisado	12 – Regulador de intensidad
3 – Ondulador	13 – Alternador tacometrico
4 – Motor	14 – Lógica de inversión del par y de la velocidad (opcional)
5 – Excitación	
6 – Regulación de la excitación	15 – Elaboración de las tensiones de sincronización del ondulator
7 – Captador de posición	
8 – Control de ondulator	16 – Elaboración de la imagen del flujo
9 – Control del rectificador	17 – Lógica de arranque y secuencia del modo

secuencia del rectificador

de control del ondulator

4.7 MOTOR SÍNCRONICO AUTOPILOTADO

El esquema de bloques completo se ha representado en la figura No 69

4.7.1 Control del rectificador

Alrededor del convertidor (1) (lado de la red) encontramos las mismas funciones que las utilizadas para el control de los motores de corriente continua. El generador de impulsos (9) determina el retardo del cebado α del convertidor (1) a partir de una referencia de fase procedente de la red y de una señal de control que sale de la regulación

La regulación es del tipo cascada. Comprende un bucle interior (12) que controla la corriente continua, que se ha medido con transformadores de intensidad en las fases de la red, y un bucle exterior (11) que compara la referencia (N_o) a la velocidad real dada por el alternador taquimétrico (13), que impone la referencia de corriente (I_o) a regulador de intensidad

4.7.2 Bucle de regulación de intensidad

De hecho, está por dos reguladores: el regulador de intensidad propiamente dicho y el regulador de linealización. Este ultimo, situado entre el regulador de intensidad y el

generador de impulsos, tiene por objeto linealizar la función de transferencia del rectificador que, como se sabe, es diferente en conducción continua y en conducción discontinua. La rapidez del regulador de linealización permite una anulación breve (3 a 4 ms) de la corriente continua para efectuar la conmutación del ondulator en el arranque y bajas velocidades del motor.

4.7.3 Control del ondulator

Fase de arranque

- a) Accionamientos con par constante. El captador de posición (7) da señales lógicas, síncronas con las tensiones de la rueda polar, que son acondicionadas y distribuidas a los tiristores del ondulator por el generador de impulsos (8). Para efectuar el arranque y hasta un 3 o 4 % de la velocidad, la conmutación del ondulator la hace el convertidor lado red. A partir de las informaciones de captador, la lógica de arranque (16) controla, en cada conmutación (seis veces por período), el paso al funcionamiento como ondulator del convertidor lado red mediante su circuito de cebado (9). Durante el vacío de corriente, la evolución de la tensión de control que sale del regulador de intensidad
- b) (12) se neutraliza para evitar perturbaciones transitorias en la corriente cuando reaparezca.
- c) Accionamientos con par cuadrático.

Con el control de tensión descrito anteriormente se puede arrancar directamente

4.7.4 Bucle de regulación del flujo inductor

Este bucle (17) y (6) asegura un flujo constante en la maquina al menos hasta la velocidad de base, e independientemente de las variaciones de la corriente estatórica debidas a las variaciones de carga. La tensión de la maquina es, de esta forma, estrictamente proporcional a la velocidad. Para realizar esta compensación, se elabora la imagen del flujo a partir de la tensión de la maquina mediante un integrador (17). El regulador (6) varía la excitación gobernando el control del regulador de corriente alterna colocando entre la red y el estator del generador asíncrono excitatriz.

Para el funcionamiento a potencia constante, un bucle externo de tensión, que funciona por exceso de tensión, se reduce la referencia de flujo, como se hace en los motores de corriente continua.

4.8 REGULACIONES NUMERICAS

El desarrollo de los microprocesadores permite concebir regulaciones enteramente numéricas. La figura No 95 muestra el esquema simplificado de una regulación numérica de velocidad con microprocesadores. A partir de un programa, el microprocesador determina los instantes de control de los tiristores para obtener las magnitudes controladas, corriente y velocidad por ejemplo, de acuerdo con lo solicitado. Este modo de regulación permite obtener a la vez una gran rapidez y una gran precisión.

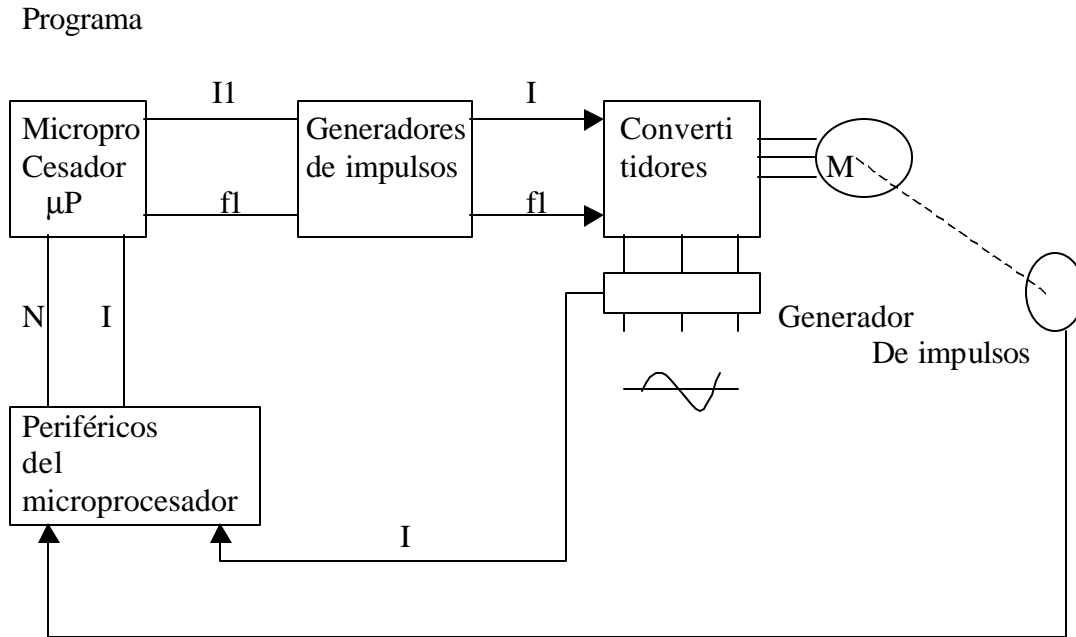


FIGURA N^o 95 REGULACION NUMÉRICA DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA POR MICROPROCESADOR

5 ESTUDIO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER

5.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO MICROMASTER

El Micromaster es el convertidor de frecuencia con circuito intermedio (fuente de tensión), que permite variar la velocidad de motores trifásicos.

Existen diferentes versiones con potencia mayores, niveles de voltaje y corrientes más altos, como son Micromaster compacto 250W, Midimaster 37KW y Simovert FC, VC y SC de más de 200KW, utilizan igual principio de variación de velocidad. Mediante la tecnología IGBT y MOSFET.

El control lo ejecuta un microprocesador incorporado gracias a un método de modulación por ancho de impulsos (PWM), particular, con frecuencia de impulsos o pulsación ajustable, se consigue una marcha extraordinariamente silenciosa del motor. Diferentes funciones de protección procuran un manejo completo y extenso del convertidor y del motor.

El nuevo Micromaster Drives consisten en un sistema modular de gran constitución y componentes. Estos componentes están combinados y cumple sus aplicaciones individuales.

Nuestra diferencia con respecto a otras variedades es su conexión en tres fases e inversores conectados con energía DC suplementaria. El sistema modular permite unificar los

procesos independientes como son convertidor e inversor usando en el Micromaster como unidades simultáneamente en el grupo Drive

Su utilización en la industria por su facilidad de conexión en circuitos pequeños y versatilidad, la simple instalación, montaje y al gran número de componentes utilizado para esta versión.

Convertidor compacto y unidades de chasis, el convertidor Drive es usado para tres fases con voltaje en rango para 208V-550V AC, 50/60Hz.

Convertidor Drive:

- Línea Supply y terminales bus DC.
- Puente rectificador con prueba de falla de tierra en precarga.
- Caja con elementos electrónicos y tarjeta de control.
- Parametrizador y operador de la unidad de control.
- Voltaje DC enlazado con IGBT inversor, el cual puede ser usado en voltaje completo y gran rango de potencia.
- Terminales para motor.

El convertidor esta montado en una cabina sobre pared, se requiere un alto grado de protección observado en la ingeniería de los convertidores para montaje en pared.

Suiche encendido/apagado en caso de daño de desconexión. Para conectar en serie eléctrica se debe aislar el Drive para su abastecimiento, el convertidor puede suichear prendido/apagado usando un contactor que puede ser controlado de una parte externa de 24V DC donde es requerido 24V de poder suplementario.

Contactor de control y de poder suplementario. El sistema micromaster tiene un poder binario, el cual puede parametrizar para 230V AC el suiche de voltaje.

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL MICROMASTER

- Control por Microprocesador para alta fiabilidad y flexibilidad.
- Posibilidad de mando a distancia a través de un puerto (interfase) serie RS485 que usa el protocolo USS.
- Posibilidad de controlar hasta 31 convertidores vía protocolo USS.
- Para su uso prácticamente cualquier aplicación, los convertidores ofrecen un extenso juego de parámetros.
- El convertidor viene pre-programado de fabrica con ajustes pre-fijados (por defecto) o estándar para requerimientos Europeos y Norte Americano.
- La frecuencia de salida (y con ello la velocidad del motor), pueden controlarse de cinco (5) formas:

Consigna digital de frecuencia.

Consigna analógica (entrada de tensión o corriente).

Potenciómetro motorizado.

Frecuencia prefijada o fija.

Teletransmisión de datos.

- Freno incorporado por inyección de corriente continua.
- Chopper de freando incorporado para resistencia de frenado externo (frenado dinámico Micromaster).
- Compensación automática de carga gracias a FCC (Flux Current Control).
- Generador de rampas incorporado para diferentes tiempos de aceleración y deseleración.
- Panel de mando con teclado de membrana.
- Dos relés de salida incorporado.
- Conector externo para panel de mando con visualizador para mensaje o para usarlo como interfase RS485 externo.

5.2.1 Unidad de Rectificación

contiene una unidad de rectificación trifásica sin controlar, se encarga de rectificar la tensión alterna de la Red para proporcionar valores continuos de tensión y corrientes adecuados para el inversor.

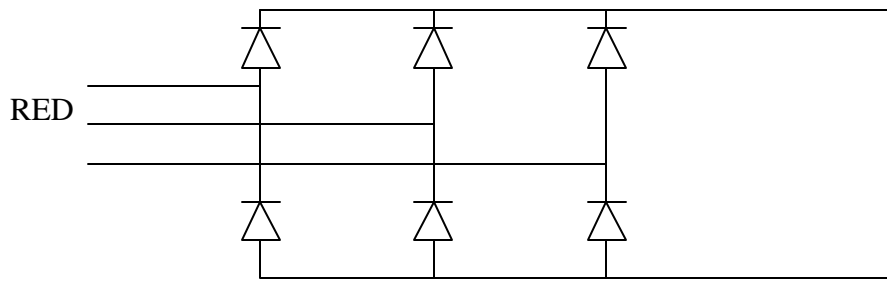


FIGURA No 96 RECTIFICADOR TRIFÁSICO SIN CONTROLAR

El encargado de suavizar las formas de ondas proporcionadas por el rectificador corresponde a una estructura de filtro L.C par el caso de alimentar el inversor con ataque por tensión.

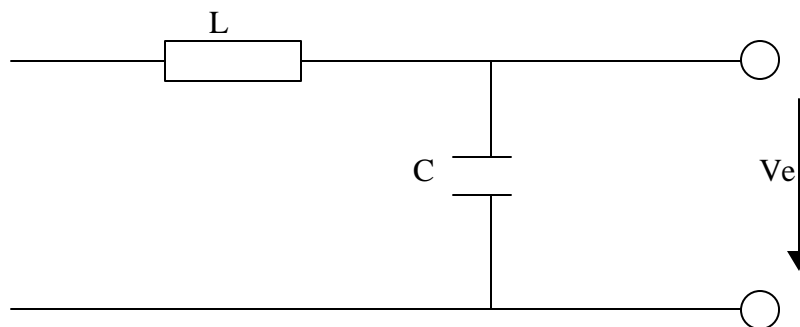


FIGURA No 97 FILTRO LC PARA INVERSOR ATACADO POR TENSIÓN

5.2.2 Inversor

El inversor se supe en rango de 280V DC.

- Conexión bus DC.
- Cajón para la tarjeta de elemento de control.
- Parametrizador y operador de la unidad de control.
- Voltaje DC enlazado con IGBT, inversor el cual puede ser usado en voltaje completo y gran rango de potencia.
- Terminales del motor.

El inversor esta montado en una cabina, contienen contactor de suicheo que activa la unidad de inversión y la conexión bus DC activando los elementos electrónicos y controlando el inversor.

La unidad eléctrica consiste en : Suiche desconector y un contactor de precarga, los inversores van conectados a la unidad rectificadora para un sistema completo de manejo del Drive.

El puente contiene interruptores unidireccionales en cada rama, y diodos en antiparalelo para permitir circulación de corriente reactiva en caso de cargas inductivas; los convertidores electrónicos Micromaster AC, utiliza un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), este dispositivo controla potencias altas y gran velocidad de conmutación.

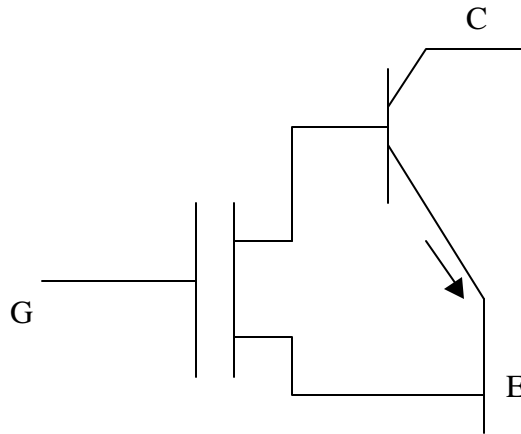


FIGURA No. 98 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN IGBT

En este dispositivo el apagado es también con control de puerta G, mediante tensión. Están en continuo desarrollo ofreciendo al mercado cada día mayores tensiones e intensidades.

Se presenta a los IGBT con un esquema que es la asociación de un MOSFET junto con un transistor bipolar. En la figura No. 99 se inserta las características típicas de un IGBT. Se observa que son función de la tensión entre la puerta G y el emisor E. Este dispositivo funciona también en corte (no aparece en la figura) y en saturación UGE máximo.

En la figura No. 100 se ve el principio del control de un IGBT. Al aplicar en puerta G una tensión positiva respecto del emisor E, el MOSFET se satura y rápidamente pasa a saturación el transistor bipolar con lo que el IGBT conjunto pasa a la conducción. Para bloqueo basta eliminar la tensión de puerta.

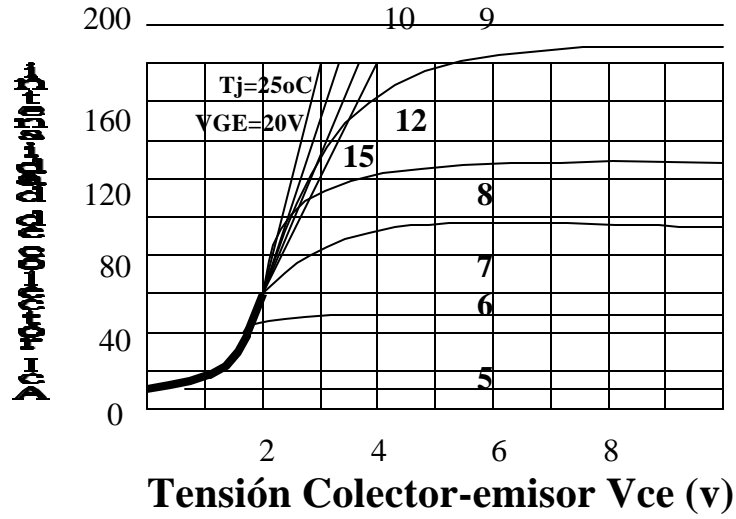


FIGURA No. 99 CARACTERISTICAS DE UN IGBT (CORTESIA DE MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION)

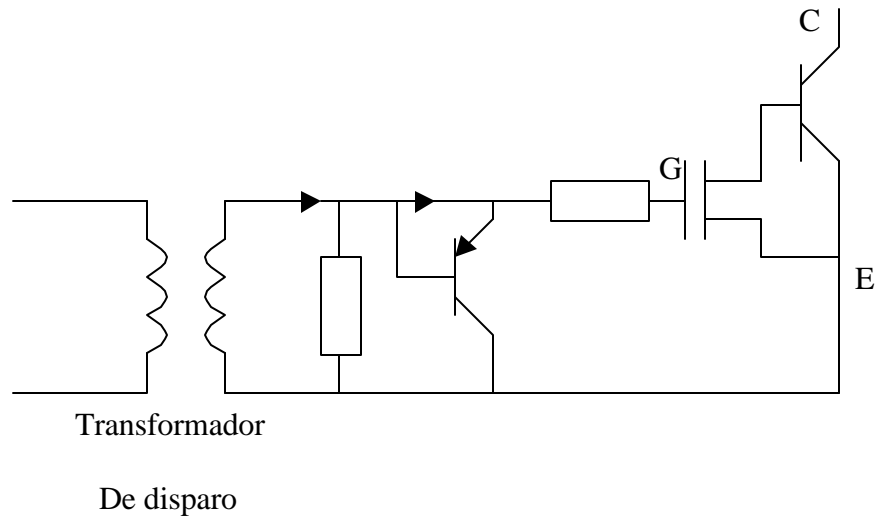


FIGURA No. 100 PRINCIPIO DE CONTROL DE UN IGBT

El convertidor contiene una estructura para variar la velocidad, mediante rectificación e inversión utilizando técnicas electrónicas con elementos semiconductores de alta fiabilidad,

tecnología y modulación. El equipo tiene incorporado un pulsador automático (chopper), como actuador entre las etapas de inversión y frenado.

5.3 CHOPPER (pulsador)

En muchas aplicaciones industriales, es necesario el convertir una fuente de CD de voltaje fijo a una fuente de CD de voltaje variable. Un pulsador de CD, convierte directamente de CD a CD, por lo que también se conoce como convertidor de CD a CD. Un pulsador se puede considerar como el equivalente a un transformador de CA con una relación de vueltas que varía en forma continua. Al igual que un transformador, puede utilizarse como una fuente de CD reductora o elevadora de voltaje.

Los pulsadores se utilizan ampliamente en el control de los motores de tracción de automóviles eléctricos, grúas marinas, montacargas y elevadores de minas. Proporcionan control en aceleraciones continuas, una alta eficiencia y una respuesta rápida dinámica. Los pulsadores se pueden utilizar en freno regenerativo de motores de CD para devolver la energía a la alimentación, características que da como resultado un ahorro en aquellos sistemas de transporte que tienen paradas frecuentes. Los pulsadores se utilizan en los reguladores de voltaje de CD, y también, junto con una inductancia, para generar una fuente de CD, especialmente para el inversor de CD.

5.3.1 Principio de la Operación Reductora. Chopper (pulsador)-Reductor

El principio de esta operación puede explicarse a partir de la Figura No.101a . cuando se cierra el interruptor (SW) durante un tiempo (t_1), el voltaje de entrada (V_s) aparece a través de la carga. Si el interruptor se mantiene abierto durante un tiempo (t_2) el voltaje a través de la carga es cero. Las formas de onda correspondientes al voltaje de salida y la corriente de carga se muestran en la Figura No. 101b. El interruptor pulsador se puede poner en practica utilizando (1) un BJT de potencia, (2) un MOSFET de potencia, (3) un GTO, o (4) un tiristor de conmutación forzada. Los dispositivos reales tienen una caída de voltaje finita, que va desde 0.5 hasta 2V y, por razones de simplicidad, despreciaremos las caídas de voltaje de estos dispositivos semiconductores de potencia.

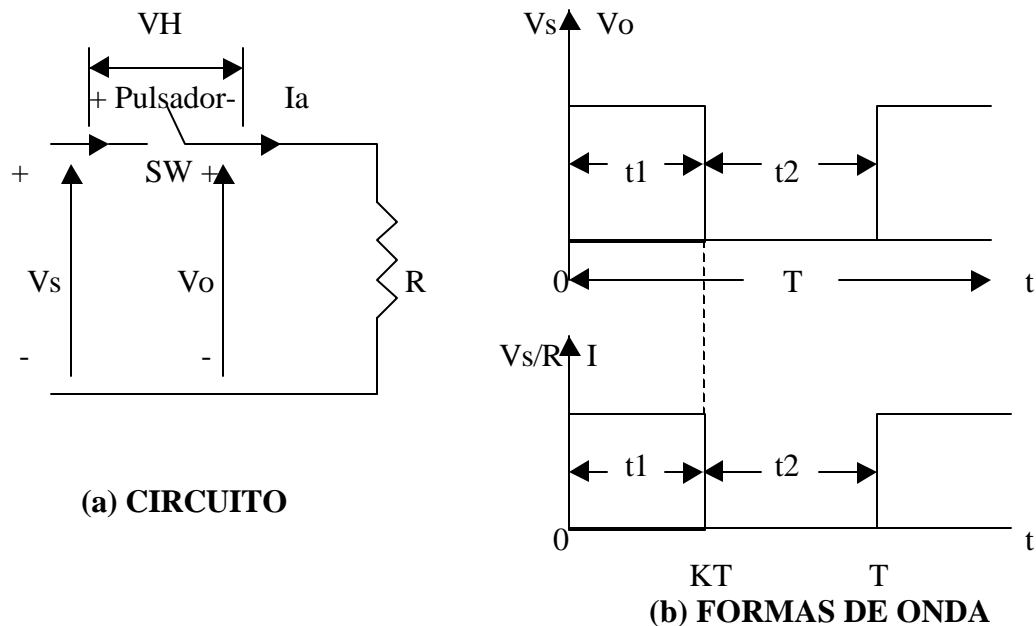


FIGURA No. 101 CHOPPER (PULSADOR REDUCTOR)

Se puede variar el ciclo de trabajo (K) desde 0 hasta 1 si se varía (t_1), T , o bien (f). Por lo tanto, al controlar (K) se puede variar el voltaje de salida (V_o) desde 0 hasta (V_s), y se puede controlar el flujo de potencia.

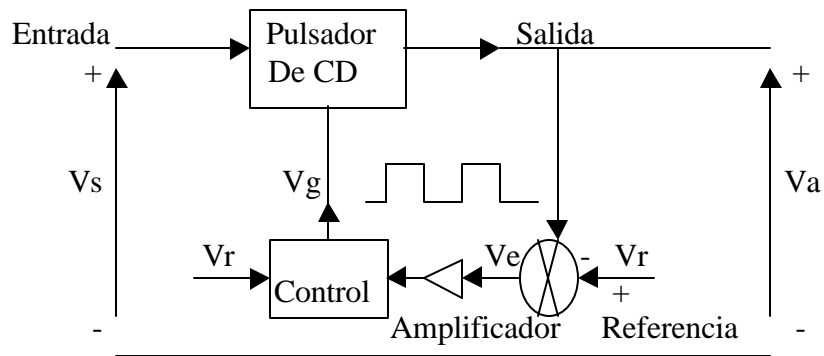
1. Operación a frecuencia constante. La frecuencia de pulsación f (o el período de pulsación D) se mantiene constante variando solo el tiempo activo t_1 . El ancho de pulso se varía por lo que este tipo de control se conoce como el control de modulación por ancho de pulso (PWM).
2. Operación frecuencia variable. Varía la frecuencia de pulsación (f). Ya sea el tiempo activo; es decir (t_1), o el tiempo inactivo, (t_2) se mantiene constante. Esto se conoce como modulación por frecuencia. La frecuencia debe variarse en un amplio rango para obtener todo el rango de salida del voltaje. Este tipo de control generará armónicas a frecuencias no predecibles y el diseño del filtro resultará difícil.

5.3.2 Reguladores (chopper) en Modo de Conmutación

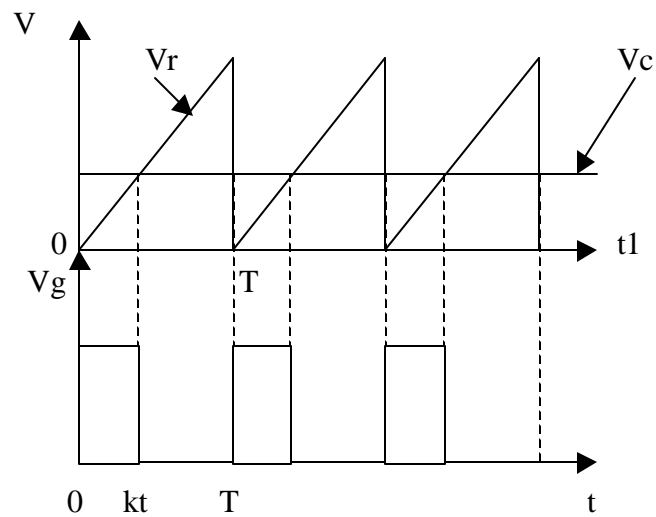
los pulsadores de CD pueden utilizar como reguladores en modo de conmutación para convertir un voltaje de CD, por lo general no regulado. La regulación se consigue por lo general mediante la modulación del ancho de pulso a una frecuencia fija, y el dispositivo de conmutación por lo regular es un BJT, MOSFET o IGBT de potencia. Los elementos de los reguladores en modo de conmutación se muestran en la figura 102 a. podemos observar en la figura 102 b que la salida de los pulsadores de CD con carga resistiva es discontinua y

contiene armónicos. El contenido de la componente ondulatoria normalmente se reduce mediante un filtro LC.

Los reguladores conmutados están disponibles en forma comercial como circuitos integrados. El diseñador puede seleccionar la frecuencia de conmutación escogiendo los valores de R y C del oscilador de frecuencia. Como regla práctica, a fin de minimizar la eficiencia, el periodo mínimo del oscilador debe ser aproximadamente cien veces mayor que el de conmutación del transistor tiene un tiempo de conmutación de $0.5\mu\text{s}$, el periodo del oscilador debe ser $0.5\mu\text{s}$, lo que nos da una frecuencia máxima del oscilador de 20KHz. Esta limitación se debe a las pérdidas por conmutación en el transistor, misma que se incrementan con la frecuencia de conmutación, como resultado, la eficiencia se reduce además, las pérdidas en los núcleos de los inductores limitan la operación en alta frecuencia. El voltaje de control (V_c) se obtiene al comparar el voltaje de salida con su valor deseado. (V_c) puede compararse con un voltaje de diente de sierra (V_r) para generar la señal de control (PWM) para el pulsador de CD. Esto aparece en la figura No 102b.



(a) DIAGRAMA DE BLOQUE



(b) SEÑALES DE CONTROL

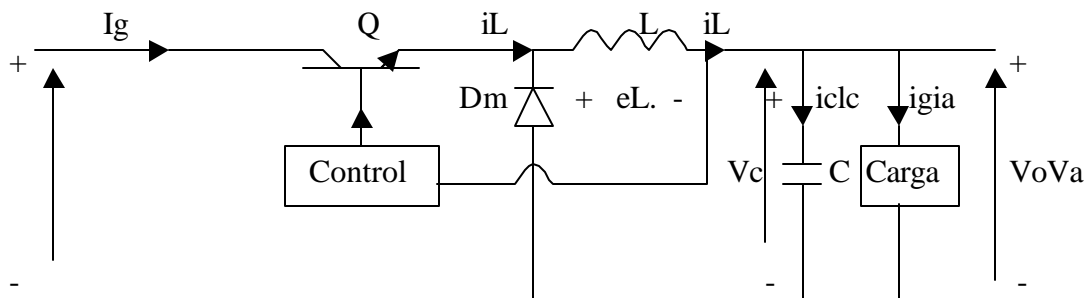
FIGURA No.102 ELEMENTOS DE LOS REGULADORES EN MODO DE CONMUTACIÓN

5.3.3 Reguladores Reductores

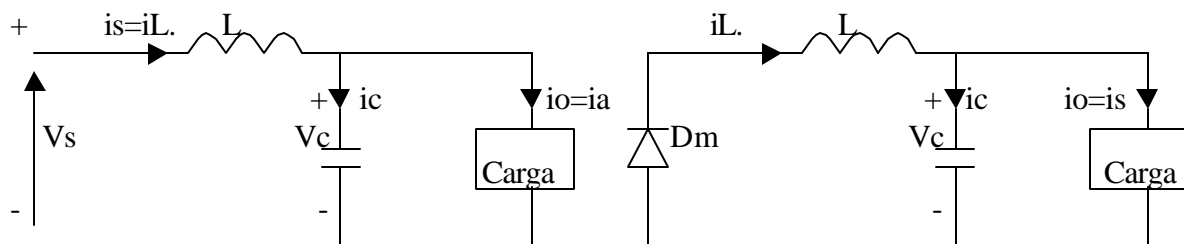
En un regulador reductor el voltaje promedio de salida (V_a), es menor que el voltaje de entrada (V_s), de ahí la palabra "reductor" el cual es muy popular, en la figura 102 a aparece el diagrama de circuito de un regulador reductor que utiliza un BJT de potencia o IGBT,

que es parecido a un pulsador reductor. La operación del circuito se puede dividir en dos modos. El modo 1 empieza cuando se conecta el transistor Q1 en $t=0$. La corriente de entrada, que se eleva, fluye a través del inductor L, del capacitor de filtro C y de la resistencia de carga R el modo 2 empieza cuando se desconecta el transistor Q1 en $t=t_1$.

El diodo de marcha libre Dm conduce debido a la energía almacenada en el inductor y la corriente del inductor se abate hasta que en el siguiente ciclo el transistor Q1 se vuelve a activar. Los circuitos equivalentes correspondientes a los modos de operación se muestran en la figura 103b. Las formas de ondas a los correspondientes voltajes y las corrientes aparecen en la figura 103c para flujo continuo de corriente en el inductor L. Dependiendo de la frecuencia de conmutación, de la inductancia del filtro y de su capacitancia, la corriente del inductor puede ser discontinua. Donde $\Delta I = I - I_1$ es la corriente de la componente ondulatoria pico a pico del inductor L.



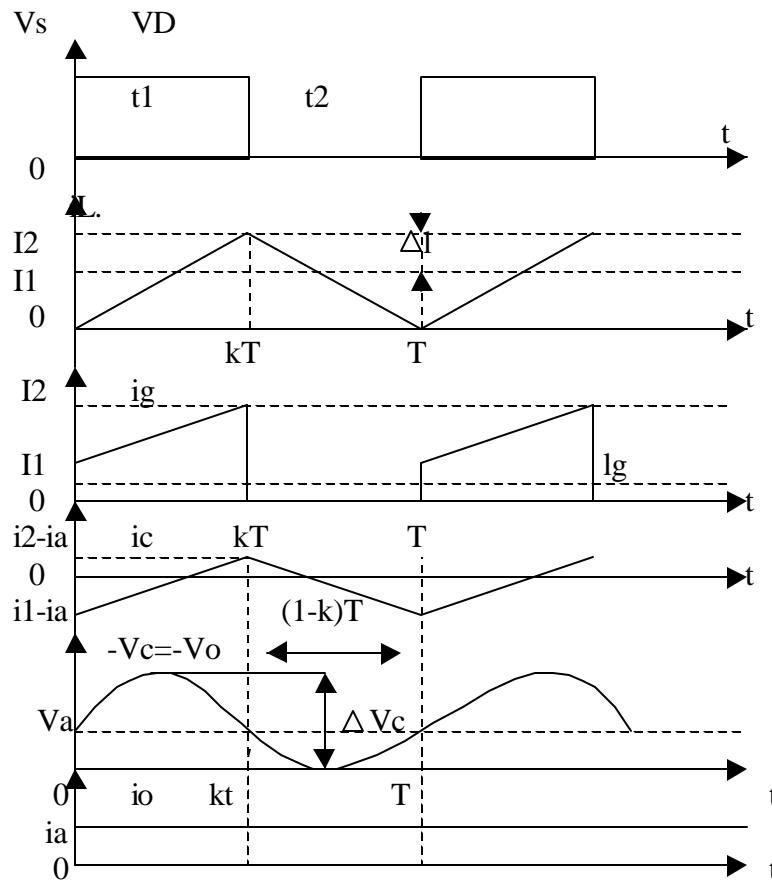
(a) DIAGRAMA DE CIRCUITO



Modo 1

Modo 2

(b) CIRCUITOS EQUIVALENTES



(c) FORMAS DE ONDA
FIGURA No. 103 REGULADOR REDUCTOR CON i_L CONTINUA

El regulador reductor requiere de un solo transistor, es sencillo y tiene una alta eficiencia, mayor del 90%. El (di/dt) de la corriente de carga está limitado por la corriente del inductor L sin embargo la corriente de entrada es discontinua y por lo general se requiere de un filtro suavizante de entrada. Que proporciona una polaridad de voltaje de salida y corriente unidireccional de salida. En caso de un posible cortocircuito a través de la trayectoria del diodo. Requiere de un circuito de protección.

5.4 INVERSOR CON ATAQUE POR TENSIÓN Y SALIDA EN PWM

Puesto que el conocimiento de este tipo de convertidores es en lo referente a su estructura y forma de funcionamiento exhaustiva, vamos a realizar una somera descripción del mismo, fijándonos más detenidamente en las características intrínsecas que su funcionamiento impone.

5.4.1 Estructura

la estructura de este tipo de convertidor puede verse en la Figura No.104. El rectificador de entrada, sin controlar, proporciona una tensión continua a la salida tras cuyo filtrado se aplica al inversor. En este caso la tensión de entrada al inversor permanece constante. Dos (2) ventajas fundamentales se deducen de este hecho: por un lado el factor de potencia desde el lado de la red se mejora considerablemente al utilizar el rectificador sin controlar a la entrada

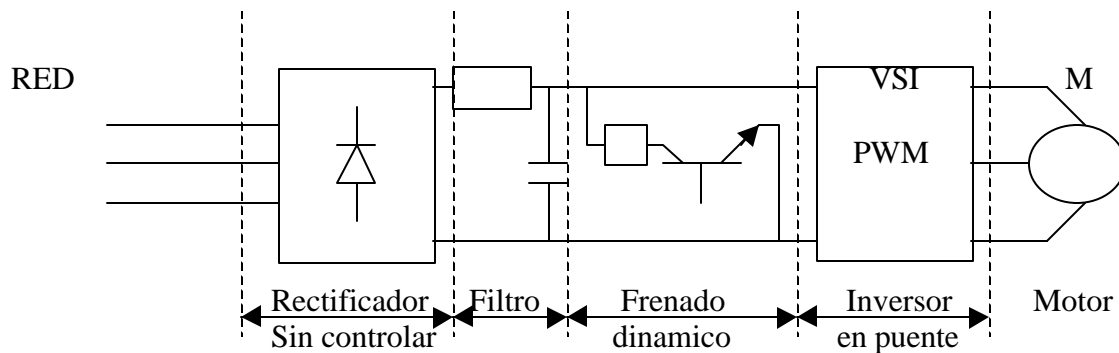


FIGURA No. 104 ESTRUCTURA DE UN CONVERTIDOR CON TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE Y SALIDA EN PWM

Al mantener fijo el valor de la tensión en la entrada al inversor, la capacidad de frenado será mediante disipación en resistencias, el frenado ha de ser disipativo a no de ser que se disponga de otro rectificador en paralelo con el de entrada. En la Figura 104 aparece la típica resistencia de frenado junto con el interruptor estático que gobierna. El inversor utilizado tiene normalmente la estructura en puente y corresponde a la configuración de (Inversor en Puente Trifásico). Son necesarios los diodos en antiparalelo para la conducción de la corriente reactiva, y, en caso de utilizar SCRs como interruptores, estos deben llevar los consiguientes circuitos de bloqueo forzado. Tanto las características de frecuencia como la tensión de alimentación al motor se realizan en el inversor, variando la salida mediante las técnicas de modulación de ancho de pulso PWM. No obstante, vamos a ver seguidamente como con esta estructura en función de control de la modulación de tensión de salida realizada, el convertidor puede comportarse como fuente de tensión o fuente de corriente respecto de los terminales del motor.

5.4.2 Forma de Actuación del Convertidor

Dos formas básicas de actuación puede realizarse mediante un convertidor de este tipo. Desde el punto de vista de la máquina, el convertidor se puede comportar como una fuente de tensión o una fuente de corriente. Ambos tienen sus ventajas y aplicaciones. Las cuales están relacionadas con la forma de actuación del motor ante estos tipos de alimentación. El convertidor puede recibir como señales de referencia de entrada la tensión de referencia a generar y la frecuencia de la misma. En este caso se modula la señal de salida. Para que el valor de tensión en la misma sea el indicado por las referencias. En este caso el convertidor

se comporta como fuente de tensión, pues el motor ve en sus terminales una tensión fija. También se puede enviar una referencia de corriente y adecuar la tensión constante. Esta forma de funcionamiento fija la corriente del motor, y por lo tanto este ve una corriente fija en sus terminales comportándose el convertidor como una fuente de corriente desde ese punto de vista

5.4.3 Comportamiento como Fuente de Tensión. Control de la Tensión de Salida Mediante PWM

Para ver el funcionamiento del equipo se puede ver la modulación senoidal la cual es un ejemplo típico de actuación ver Figura No 105.

Puede observarse la generación de los períodos de conducción de los semiconductores de una rama

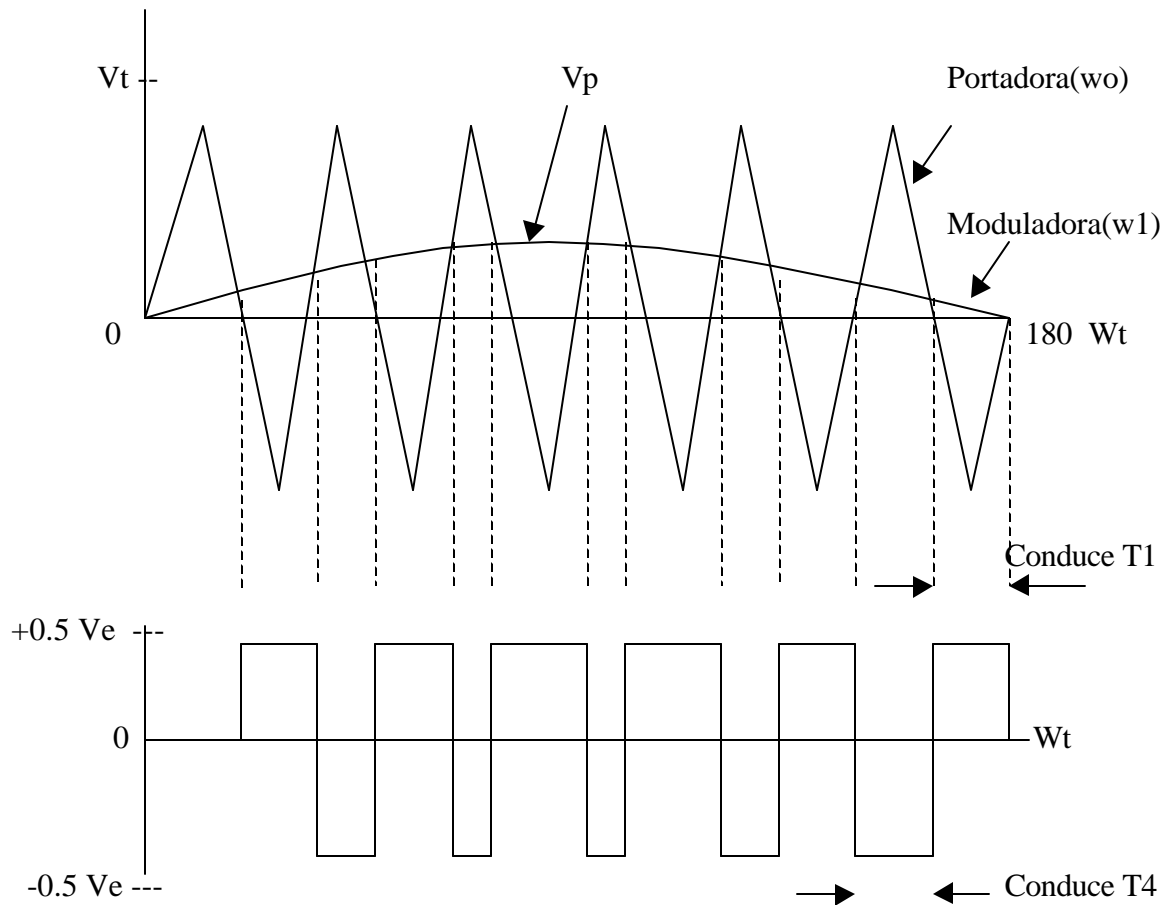


FIGURA No. 105 MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO SENOIDAL. OBTENCIÓN DE LA TENSIÓN DE UNA FASE RESPECTO NEUTRO FICTICIO DE ENTRADA

Sobre una señal moduladora de pulsación (w_1) que determina la frecuencia de la componente al motor, se superpone una portadora triangular de pulsación (w), la cuál determina la frecuencia de conmutación de los semiconductores empleados. En cuanto la generación completa de las tres fases se consigue desfasando ciento veinte (120) Grados entre si la obtención de los distintos pulsos de disparo (ver Figura No 106). Aparecen las

típicas formas de onda obtenidas en la tensión fase-fase y fase-neutro de alimentación del motor.

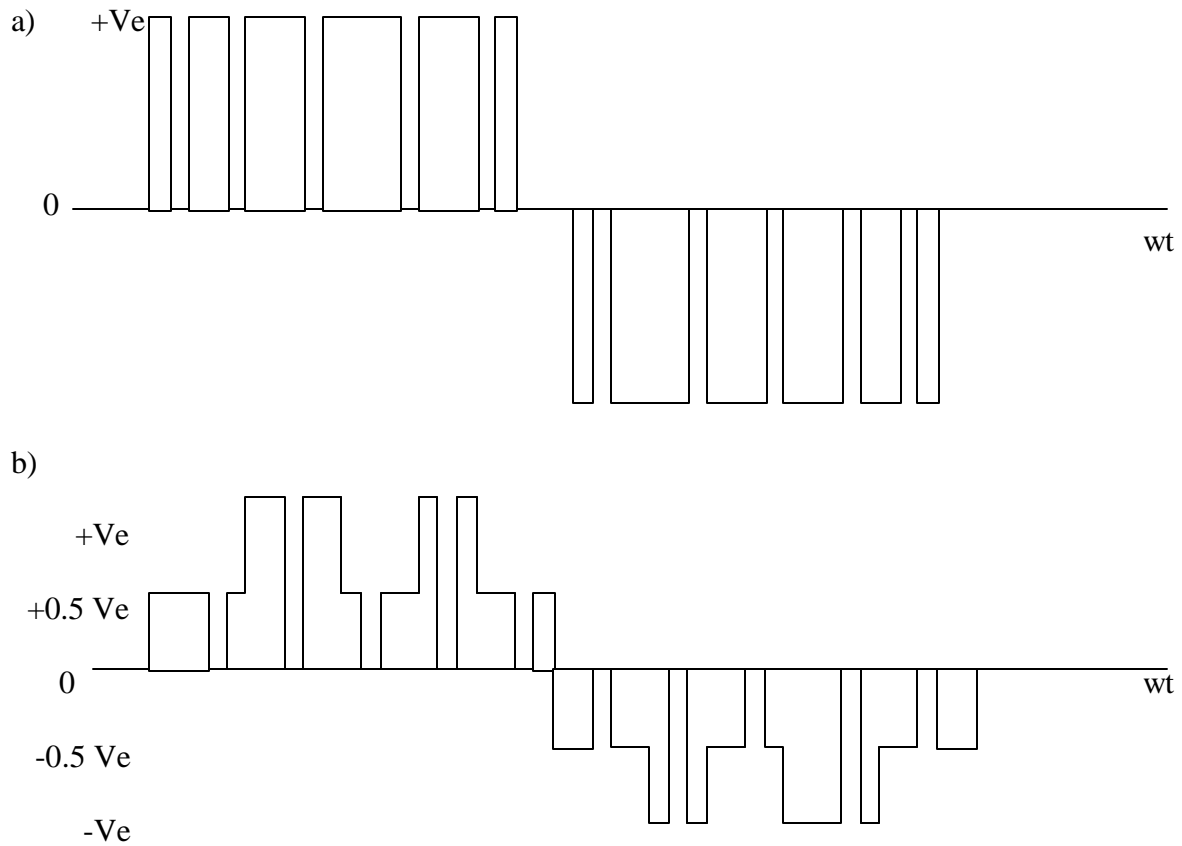


FIGURA No. 106 TENSIONES FASE-FASE a) Y FASE-NEUTRO b) DE UNA ONDA MODULADA PWM

V_e = Tensión continua de Entrada

W_t = Frecuencia de la Moduladora

Φ = Desfase de entrada y salida, dependiente de la posición de la onda moduladora.

En la zona de bajas velocidades, la frecuencia de conmutación se mantiene constante, operando el convertidor en modo de modulación asíncrona. A partir de un determinado

valor de la frecuencia de salida se produce una modulación asíncrona, permaneciendo el valor entre la portadora y moduladora dentro de una zona aconsejable para el buen funcionamiento del inversor.

Otras técnicas de modulación están basadas en la eliminación de armónicos, trabajando directamente con la forma de onda de salida, y calculando los ángulos de disparo para variar el valor de la componente fundamental y eliminar los armónicos deseados. Típica forma de onda bidireccional de la tensión a la salida.

Mediante el empleo de transistores puede conseguirse equipos de potencia de (KW) y mediante el empleo de SCRs puede llegarse a (MW), naturalmente la frecuencia de conmutación está condicionada por los componentes empleados, en consecuencia la versatilidad del (PWM) depende de estos factores. Por ejemplo para equipos de gran potencia por encima de (MW), la frecuencia máxima de conmutación suele situarse en (KHZ), mientras que con el empleo de SCRs especiales, con tiempos de recuperación inferiores a 20 μ s, la potencia queda limitada por debajo del (MW)

5.5 CAPACIDAD DE FRENADO

Puesto que frenado ha de realizarse en forma disipativa a no ser que se coloque o se ponga otro rectificador en antiparalelo a la entrada de la red, el poder de frenado estará dado por la capacidad de potencia disipable en la resistencia de entrada al inversor, que se muestra en la Figura No. 107.

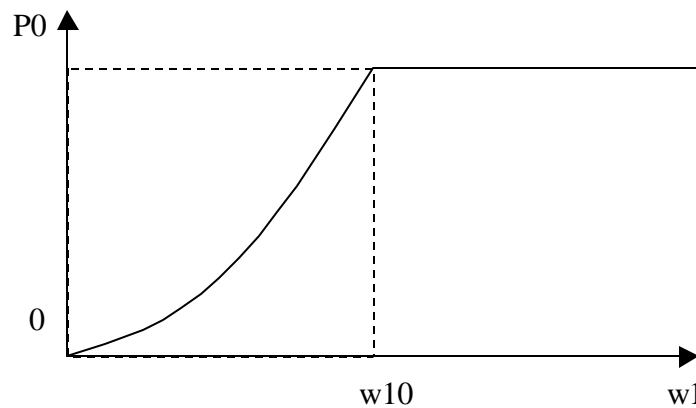


FIGURA No. 107 CAPACIDAD DE FRENADO

5.6 CONJUNTO CONVERTIDOR-MOTOR (Fuente de Tensión)

Cuando la alimentación del motor se realiza con un convertidor estático, las tensiones o corrientes impuestas al motor no son senoidales.

Aunque, el conjunto convertidor-motor trabaja en régimen permanente, la corriente consumida por el motor en bornes en el caso de alimentación en corriente esté compuesta por una serie sucesiva de transitorios electromagnéticos.

6. LABORATORIOS DE CONVERTIDORES Y DRIVES PARA LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD EN LOS MOTORES DE A.C. Y D.C. MICROMASTER (SIEMENS) RECTIVAR 4 SERIE 44 (TELEMECANIQUE)

Para la sección de laboratorios se realizó el montaje de dos clases de variadores de velocidad, en A.C (Micromaster) 3 fases y D.C (Rectivar 44 serie 44) 2 fases.

En este trabajo se procedió al cableado de los equipos con derivaciones y traslado de bornera a un tablero de conexiones, para facilitar su operación. Este cableado siguió las normas establecidas por el fabricante para el cuidado del mismo.

Los drives fueron fijados sobre mesas con el objetivo de facilitar su manejo y operación, para así tener el acceso a : fuente de alimentación, manipulación de motores, manejo de los drives, tablero de cableado , y finalmente habilitar un espacio para el acondicionamiento de laboratorios de variación de velocidad en cuanto a software, arrancadores suaves y sevosistemas. Finalmente se elaboraron practicas de laboratorios para el manejo y conexión de estos drives.

6.1 LABORATORIO No 1

6.1.1 Montaje de un Variador de Velocidad Micromaster

6.1.2 Objetivos

- Determinar el montaje y las conexiones de un variador de velocidad A.C. y su respectivo motor.
- Tener claridad en las conexiones de las bornas tanto en la tarjeta de control como en la tarjeta de potencia
- Tener en cuenta las precauciones que se deben de tener en cuenta con el equipo

6.1.3 Precaución

El funcionamiento seguro del equipo está condicionado a que sea debidamente montado y puesto en marcha por personal calificado y observando las advertencias contenidas en las instrucciones de servicio.

En especial deberán tenerse presentes las normas de seguridad generales y locales sobre trabajos en equipos eléctricos de fuerza así como las normas sobre el empleo apropiado de herramientas y de dispositivos de seguridad personales.

Para evitar la entrada y salida de aire de refrigeración, por encima y por debajo del equipo deberá quedar un espacio libre de como mínimo 100mm.

Si el convertidor se monta en un armario, es preciso asegurarse de que la temperatura en el no supere el valor prescrito. Evite someter al equipo a vibraciones y sacudidas excesivas.

Los convertidores modelo MM25, MM37, MM55 y MM75 deben fijarse de forma apropiada antes de su uso a fin de prevenir el acceso a los condensadores contenidos dentro del disipador.

NOTA: Analizar ya durante la fase de proyecto el posible uso de componentes opcionales (por ejemplo: Filtro Antiparasitario).

6.1.4 Instrucciones de Cableado Para Minimizar los Efectos de Las Interferencias Electromagnéticas

Los convertidores han sido diseñados para funcionar en un entorno industrial con un previsible nivel alto de interferencias electromagnéticas (EMI). Normalmente, una buena instalación garantiza un funcionamiento seguro y sin problemas. Sin embargo, si aparecen problemas, las instrucciones siguientes pueden ser de gran utilidad en particular ha probado su eficacia la puesta a tierra (0V de la RED), en el propio convertidor, como se describe a continuación:

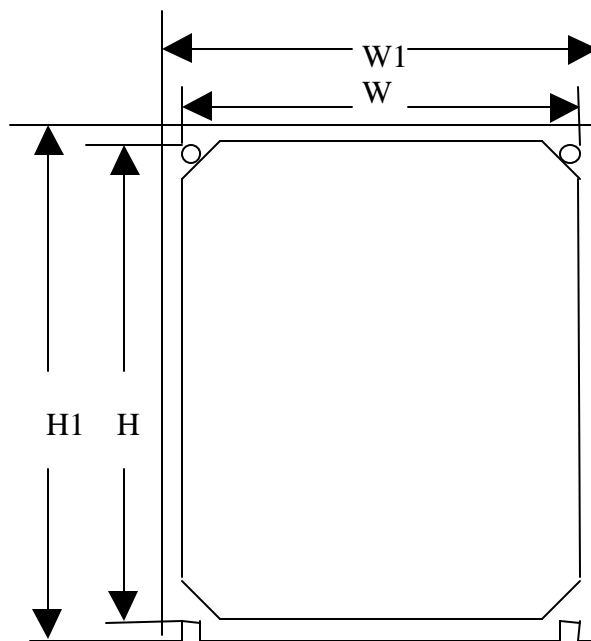
1. Asegurarse de que todos los aparatos contenidos en el armario o cofre estén bien puestos a tierra usando cables cortos y de gran sección llevados al punto neutro o barra común. Es particularmente importante el que todos los equipos de control (por ejemplo un PLC) conectados al convertidor estén puestos a tierra en el mismo punto que el convertidor, vía un cable corto y de gran sección. Es preferible usar conductores planos (por ejemplo: Estribos metálicos) ya que tienen una impedancia más baja a altas frecuencias.

El conductor de tierra de los motores alimentados por los convertidores deberá conectarse directamente al terminal de tierra (PE) del convertidor asociado.

2. Al montar el convertidor, utilizar arandelas de abanico para asegurar una buena conexión eléctrica entre el disipador y el panel; de ser necesario, retirar las capas de pintura que puedan interponerse.
3. Siempre que sea posible utilizar cables apantallados para las conexiones de mando. Dar un acabado correcto a los extremos del cable para evitar que queden visibles partes sin pantalla.
4. Separar los cables de mando de los de potencia siempre que sea posible (por ejemplo: usando trazas separadas etc.) si deben cruzarse cables de potencia y cables de mando o control, arreglarlo de forma que se crucen a 90 grados.

5. Asegurarse de que los contactores contenidos en el armario o cofre lleven incorporados elementos supresores RC en el caso de contactores de alterna o diodos supresores en el caso de contactores de continua. Estos elementos se conectan en las bobinas.
6. Pueden utilizarse supresores tipo varistor. Esto es especialmente importante en el caso que los contactores sean mandados por los réles incorporados en el convertidor.
7. Para las conexiones de potencia, utilizar cables apantallados o blindados, poner a tierra la pantalla o blindaje en ambos extremos.
8. Si el accionamiento funciona en un entorno sensible, utilizar el filtro antiparasitario para reducir las interferencias conducidas y radiadas desde el convertidor. En este caso, el filtro deberá montarse lo más cerca posible del convertidor y ponerse bien a tierra. En este caso es necesario incorporar en el convertidor la tapa metalizada que se suministra con el filtro.
9. Seleccionar la frecuencia de pulsación más baja posible. Esto reduce la cantidad de interferencias generadas por el convertidor.

Los convertidores Micromaster deben montarse de acuerdo a la Figura No. 108



Separaciones para refrigeración (todas las versiones): Arriba y abajo 100mm

FIGURA No. 108 DIMENSIONES DE MONTAJE MICROMASTER

6.2 INSTALACION ELECTRICA MICROMASTER

Para conectar los cables eléctricos hay que abrir el aparato. La tapa del Micromaster va fijada al disipador por un único tornillo M4 situado bajo la tecla PARO . Quitar el tornillo y retirar la tapa. Con ello quedan accesibles las conexiones eléctricas.

Al volver a colocar la tapa, atender a que esta no se coloque ladeada ni inclinada.

Los cables de conexión en el convertidor por la parte inferior y se conectan en la regleta de bornes de potencia de acuerdo a la información a suministrar en las conexiones de

alimentación y del motor y conexiones de mando. Asegúrese de que queden perfectamente conectados y procurar una puesta a tierra correcta del equipo.

Los cables de mando deben tenderse separados de los de alimentación de red y los cables del motor. Bajo ningún concepto deberán tenderse juntos por un mismo conducto o canaleta.

Para las líneas de mando se utilizaran únicamente cables apantallados.

Utilizar únicamente cables de cobre de la clase uno (1) para 60/75 grados centígrados el par de apriete de los bornes para los cables vale 1.1Nm.

6.2.1 Conexiones de Alimentación y del Motor

Asegúrese de que la red suministre la tensión correcta y pueda conducir la intensidad adecuada asegúrese de que entre la red y el convertidor se intercalen los interruptores de protección adecuados con la intensidad nominal indicada.

Conectar la red en los bornes de potencial L1/L2-N/L3 (Monofásico) o L1, L/L2, N/L3 (Trifásico) y conectar el conductor de protección. Para convertidor monofásico, utilizar un cable de tres (3) hilos; para el convertidor trifásico, un (1) cable de cuatro (4) hilos. El motor se conectara con un cable de cuatro (4) hilos. Como puede verse en la (Figura No. 109), dicho cable se conecta en los bornes de potencia W/V/U y en el terminal conductor de protección.

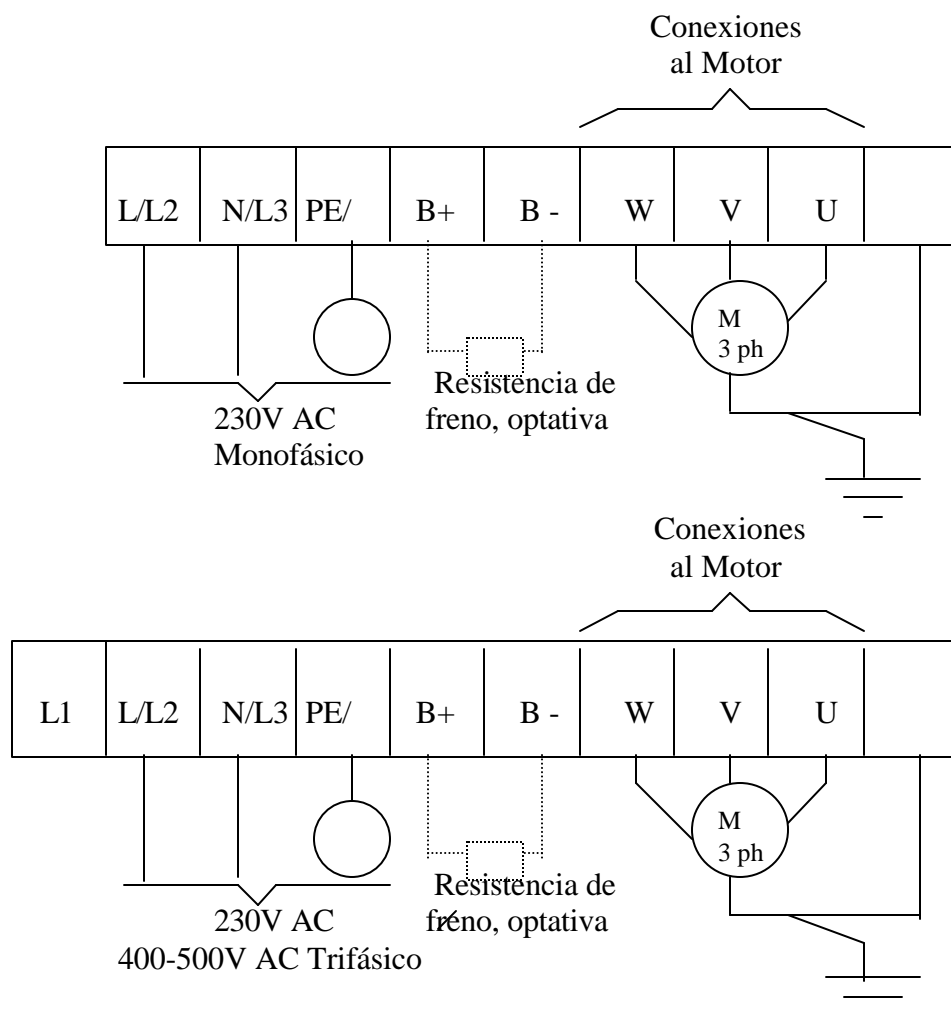


FIGURA No. 109 BORNES DE CONEXION DE ALIMENTACION MONOFASICA TRIFASICA Y DEL MOTOR

La longitud total del cable al motor no deberá superar 50 m. Si se utiliza un cable apantallado, entonces la longitud no deberá superar 25 m. Si hay que utilizar cables más largos, es necesario consultar a un servicio técnico.

A los convertidores Micromaster es posible conectar tanto motores asíncronos como síncronos, tanto individualmente como en paralelo (accionamiento polimotorico).

Se debe asegurar que el motor este dimensionado para la tensión de alimentación correcta. En caso de conexión de motores síncronos o en caso de conexión en paralelo de varios motores, el convertidor deberá operar en modo característica tensión/frecuencia ($P077 = 0$ ó 2), y deberá desactivarse la compensación de deslizamiento ($P071 = 0$).

6.2.2 Conexiones de Mando

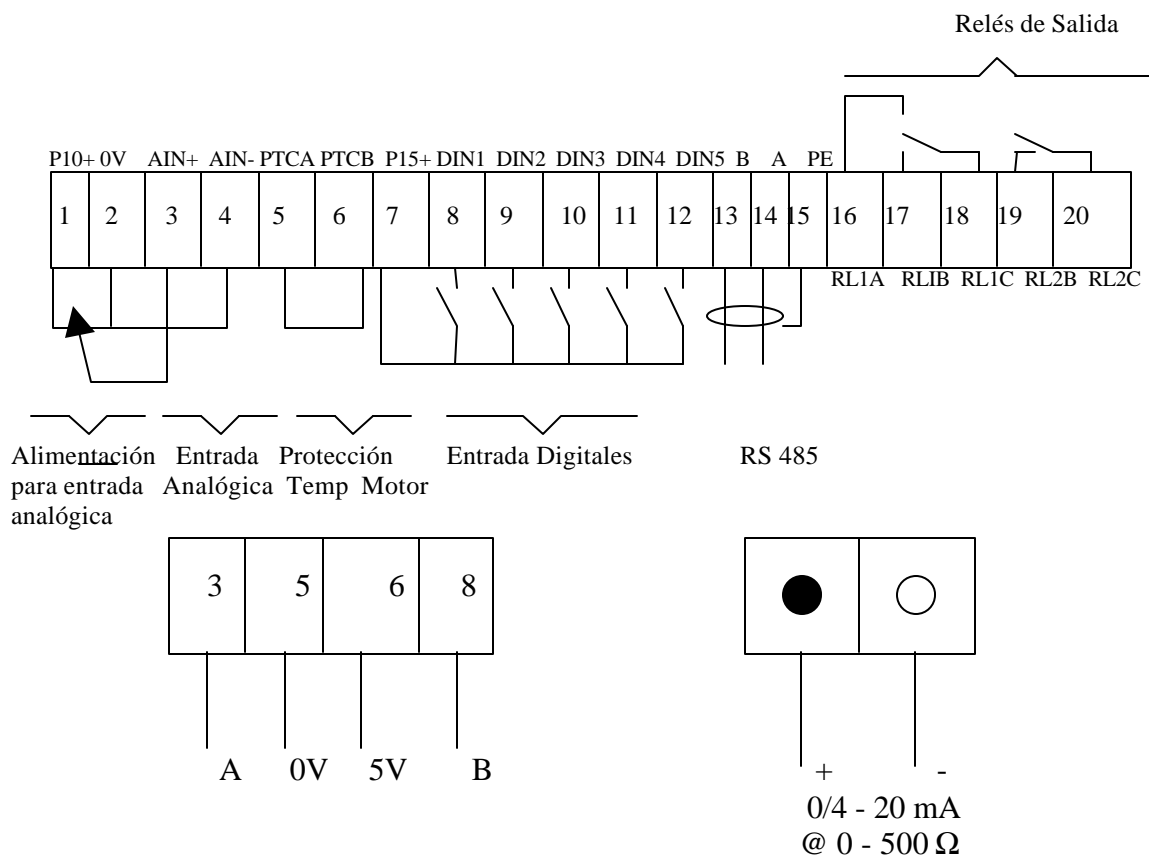


FIGURA No. 110 CONEXIONES EN EL REGLETERO DE MANDO MICROMASTER

TABLA No. 6 CONEXIONES DE MANDO MICROMASTER

Borne Mando (X501)	Designación	Valor	Función	Notas
1	P10+	+10V	Alimentación	máx 3 mA
2	0V	0V	Alimentación	Masa
3	AIN+	0-10V/0-20 mA ó 2-10V/4-20 mA	Entrada Analógica	Conexión Más (+)
4	AIN-		Entrada Analógica	Conexión Menos (-)
5	PTCA		Entrada sonda PTC motor	máx 20 mA
6	PTCB		Entrada sonda PTC motor	13-33V
7	P15+	+15V	Alimentación p. DIN1-5	13-33V
8	DIN1		Entrada Digital 1	13-33V
9	DIN2		Entrada Digital 2	13-33V
10	DIN3		Entrada Digital 3	13-33V
11	DIN4		Entrada Digital 4	para protocolo USS
12	DIN5		Entrada Digital 5	para protocolo USS
13	B		RS485, hilos “B”	contacto de apertura (NC)
14	A		RS485, hilos “A”	contacto de cierre (NA)
15	PE		Tierra de Protección	
16	RL1A		Relé 1	contacto de apertura (NC)
17	RL1B		Relé 1	contacto de cierre (NA)
18	RL1C		Relé 1	contacto común
19	RL2B		Relé 2	contacto de cierre (NA)
20	RL2C		Relé 2	contacto común

Fuente: Siemens plc 1995

6.2.3 Preguntas

1. Que cuidados se deben tener en la conexión de equipos para variar la velocidad en motores de A.C.?
2. Que son las radiointerferencias, y que daños pueden producir en los equipos electronicos?
3. Porque las conexiones de control se deben de hacer con cable apantallado?
4. Que problemas dan los equipos (Drives) a la red?
5. A que se deben los armonicos, y que son?
6. En que tipos de funciones podemos utilizar variadores de velocidad con PWM?

6.3 LABORATORIO No 2

6.3.1 Puesta en Función del Convertidor y Variación de Velocidad A. C

6.3.2 Objetivos

- Aprender el manejo de un convertidor (Drive) para variar la velocidad.
- Distinguir los diferentes tipos de variación de velocidad y semiconductores que permiten esta función.
- Tener en cuenta las diferentes funciones que cumple un convertidor en la industria.

6.3.3 Precaución

No poner en marcha el equipo hasta haber colocado la tapa de plástico.

Después de desconectar el equipo hay que esperar siempre cinco (5) minutos para que se descarguen los condensadores incorporados. Solo entonces se permite retirar la tapa.

Durante dicho tiempo está prohibido retirar la tapa.

Por motivos de seguridad, de fábrica el convertidor viene con la consigna digital de frecuencia ajustada a (0.0 HZ). De esta forma se evita un arranque involuntario del motor durante la primera puesta en marcha, lo cual podría ser causa de incidentes descontrolados.

Por ello, para que pueda arrancar el motor hay que ajustar una consigna de frecuencia, vía el parámetro (P000), con la tecla (Δ) o directamente con el parámetro (P005).

Todos los ajustes deberán ser realizados exclusivamente por personal calificado y observando las advertencias de seguridad y precaución.

Con las tres (3) teclas (P, Δ , ∇), situadas en el panel de mando del convertidor se ajustan todos los parámetros la Figura No. 111, incluye un diagrama de flujo de como proceder para ajustar los valores de los parámetros). Los números y valores de los parámetros se presentan en un visualizador LED de cuatro (4) posiciones.

El interruptor (SW1) permite elegir para las entradas analógicas entre señal de tensión (V) o señal de corriente o intensidad (I). Estos interruptores solo son accesibles una vez retirada la tapa.

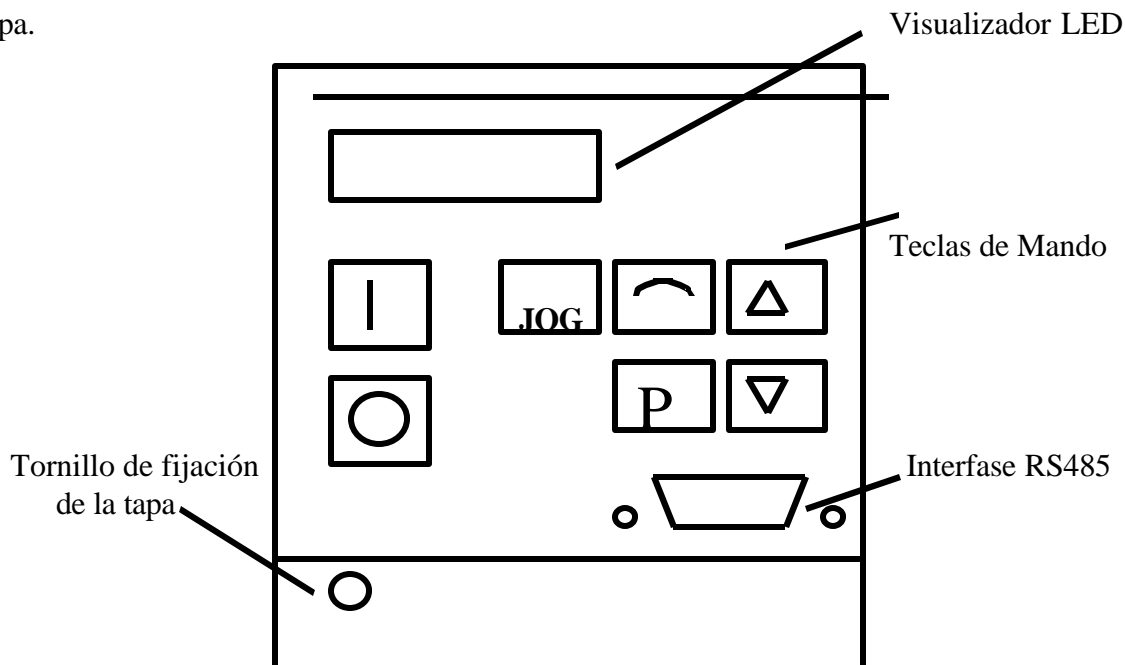


FIGURA No. 111
VISTA FRONTAL DEL PANEL DE MANDO FRONTAL



Tecla de marcha pulsarla para arrancar el convertidor.

La función de esta tecla puede bloquearse selectivamente ajustando P121=0

Tecla de paro pulsarla para detener el convertidor



Tecla de parametrización: conmutación entre código de parámetro y valor de parámetro.



valor

Tecla de subir: aumento del código de parámetro, índice de parámetro y de parámetro ajustando (P124=0) puede bloquearse selectivamente el uso de esta tecla para modificar la frecuencia.



Tecla de bajar: reducción del código de parámetro, índice de parámetro y V valor de parámetro.



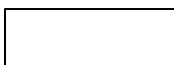
Tecla de marcha a impulsos (JOG): apretando esta tecla mientras está parado el convertidor reanuda y opera a la frecuencia ajustada. El convertidor se detiene tan pronto como se suelta esta tecla. Si se pulsa esta tecla mientras este funcionando el convertidor, esto no tendría ningún efecto.



Tecla horario/antihorario: pulsarla para cambiar el sentido de rotación del motor. Si está seleccionando antihorario entonces el visualizador se presenta un signo menos(-) en el valor visualizado hasta (99.9), o se presenta un punto decimal intermitente después del dígito de la derecha

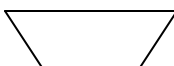
para valores iguales o superiores a (100.0), por ejemplo: (60.0HZ) en giro antihorario

(120.0HZ) en giro antihorario



Vis LED 4POS: la función de esta tecla puede bloquearse selectivamente ajustando (P122=0). Permite presentar el código del parámetro (P000-P944), el valor del parámetro (000.0-999.9) o el código de fallo (F000-F154).

NOTA: Aunque el visualizador LED solo puede presentar valores de frecuencia con una resolución de (0.1HZ), la resolución puede incrementarse hasta (0.0.1HZ) (forma de hacerlo, ver nota [6] en la Figura No. 112.



Pin de interfase RS485 contiene nueve (9) pines: su función es la de operador-control.

TABLA No. 7
ASIGNACION DE PINES DE SUB D (X300)

TERMINAL	INFORMACION DE FUNCION
PIN1	X300 Alojamiento a tierra
PIN2	X300 Línea de recibo
PIN3	X300 Línea de envío y recibo, RS485 standar, dos (2) alambres positivos diferenciales; salidas/entradas
PIN4	X300 RTS (envío de petición, cambio de datos, flujo direccional para convertidores de interfases)
PIN5	X300 Referencia de potencial
PIN6	X300 Poder suplementario 5V
PIN7	X300 Envío de línea RS232 (V24)
PIN8	X300 Envío y recibo de línea, RS485 standar dos (2) alambres negativos diferenciales, salidas/entradas
PIN9	X300 Referencia de potencial para RS232 o RS485, interfase (hacia el reactor)

Fuente: Catalogo Siemens Simoverrt

IMPORTANTE: Los parámetros con código superior a (P009) no pueden ajustarse hasta que (009) se ajuste a (002) o (003).

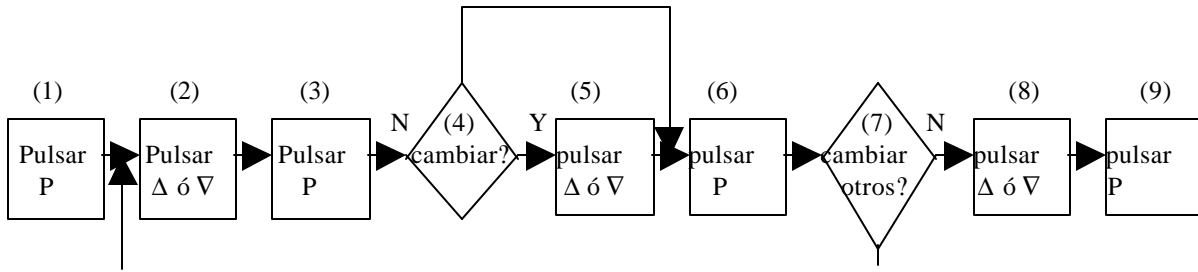


FIGURA No. 112
MODO DE PROCEDER PARA MODIFICAR VALORES DE PARAMETROS

NOTAS:

- (1) El visualizador cambia a (P000)
- (2) Seleccionar el parámetro a modificar
- (3) Leer el valor del parámetro seleccionado
- (4) Debe modificarse el valor? si, seguir en (6)
- (5) Aumentar (Δ) o (∇) el valor del parámetro
- (6) Memorizar el nuevo valor (de haberse modificado) y retornar a la visualización de parámetros.

NOTA: para incrementar la resolución a (0.01), al cambiar los parámetros de frecuencia, en lugar de pulsar (P) momentáneamente para volver a la visualización de parámetros, mantener apretada la tecla, hasta que el visualizador cambie a --,n0 (n=decimas de corriente, por ejemplo. si el parámetro vale =055.8, entonces n=8). Pulsar (Δ) o (∇) para cambiar el valor (son validos todos los valores comprendidos

entre 00 y 99) y seguidamente usar dos (2) veces P para volver a la visualización de parámetros.

- (7) Deben modificarse otros parámetros? si, volver a (2).
- (8) Desplazar hacia arriba o hacia abajo hasta que se presente (P944) o (P000). Si se desplaza hacia arriba, la visualización se detiene automáticamente en (P944). Sin embargo, si se vuelve a pulsar la tecla Δ el display retorna (P000).
- (9) Abandonar el modo de ajuste de parámetros y retornar al modo de visualización del estado normal.

Si se han modificado accidentalmente determinados parámetros, entonces es posible restablecer el valor prefijado (por defecto) o standar de todos los parámetros. Para ello ajustar (P944 a 1) y seguidamente pulsar (P).

6.4 INSTRUCCIONES DE MANEJO

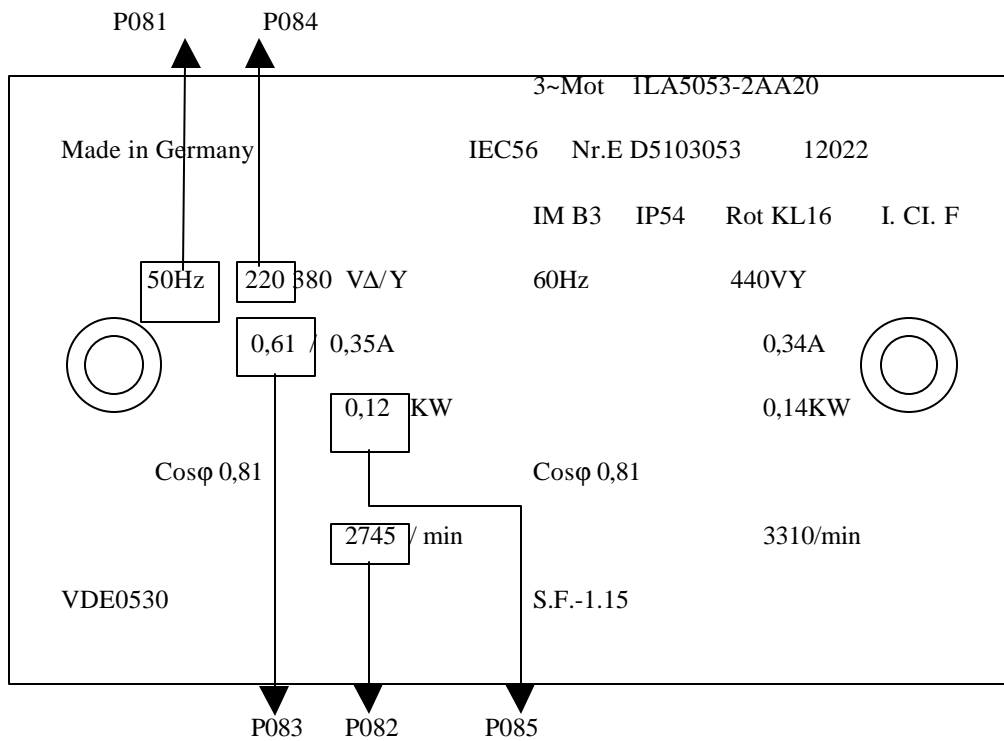
6.4.1 Generalidades

(1) El convertidor no incorpora ningún interruptor de red por lo que tan pronto como se conecta la misma queda bajo tensión. El equipo espera, con la salida bloqueada, la pulsación

de la tecla marcha o la recepción de la orden de marcha a través del borne 8 (giro horario) o 9 (giro antihorario), ver parámetros (P051-P055)

(2) Si se ha seleccionado como variable a visualizar la frecuencia de salida (P001=0), entonces cuando está parado el convertidor el valor de consigna se visualiza a intervalos de aproximadamente 1.5 segundos.

(3) El convertidor viene programado de fábrica para aplicaciones standar con motores normalizados de cuatro (4) polos de Siemens. En el caso de utilizarse otros motores, entonces es necesario ajustar en los parámetros P081 a P085 los datos contenidos en la placa de características del motor (ver figura No. 113). Considerar que estos parámetros solo son accesibles cuando (P009) se haya ajustado a (002) o (003).

**FIGURA No. 113****EJEMPLO DE LA PLACA CARACTERISTICA DE UN MOTOR**

NOTA: Asegurarse de que el motor ha sido dimensionado correctamente, es decir, en el presente ejemplo para la conexión a 220V.

(4)De fábrica, la consigna de frecuencia viene ajustada a (0.00Hz); esto significa que no gira el motor, para que pueda arrancar el motor es necesario prescribir un valor de consigna, bien con la tecla (Δ) o introduciendo un valor numérico en (P005)

- (5) Tan pronto como se ajusta un valor de parámetro, este se almacena automáticamente en la memoria interna.

6.4.2 Puesta en Funcionamiento Básica

La forma más elemental de poner en funcionamiento el convertidor se describe a continuación. Este método utiliza consigna de frecuencia digital y requiere cambiar un número mínimo de parámetros de los valores prefijados o por defecto.

- (1) Conectar la red al convertidor. Ajustar el parámetro (P009) a (002 o 003) para desbloquear todos los parámetros ajustables (ver Figura No. 112) para el método a seguir).
- (2) Ajustar el parámetro (P005) a la consigna de frecuencia deseada.
- (3) Controlar los parámetros (P081 a P085) y asegurarse de que sean adecuados para cumplir los requerimientos especificados en la placa de características del motor (ver Figura No. 113).
- (4) Pulsar la tecla marcha (I) en el panel de mando del convertidor. Con ello el convertidor alimentará el motor con la frecuencia ajustada en (P005).

De ser necesario la velocidad del motor (es decir, la frecuencia de alimentación) puede modificarse con ayuda de las teclas (Δ o ∇). (ajustar P011 a 001 para permitir memorizar el nuevo ajuste de frecuencia cuando el convertidor este desconectado).

6.4.3 Funcionamiento Mando Digital

Para una configuración básica de mando con señales digitales, proceder de la forma siguiente:

- (1) Puentear los bornes de mando 7 y 8 con un simple interruptor CON/DES. Con ello se ajusta el convertidor para giro horario (ajuste prefijado).
- (2) Colocar nuevamente la tapa y aplicar la tensión de la red al convertidor. Ajustar el parámetro (P009 a 002 o 003) a fin de permitir el ajuste de todos los parámetros (forma de proceder Figura No. 112).
- 3) Controlar que el parámetro (P006) este ajustado a (000) para prescribir con signa digital.
- (4) Ajustar (P007 a 001) para especificar la entrada digital (DIN1 (borne 8) en este caso) y bloquear las teclas del panel de mando.
- (5) Ajustar en el parámetro (P005) la consigna de frecuencia deseada.

(6) Ajustar los parámetros (P081 a P085) de acuerdo a los datos de la placa de características del motor.

(7) Llevar el interruptor externo a la posición CON. Con ello el convertidor alimenta el motor con la frecuencia ajustada en (P005).

De ser necesario la velocidad del motor (es decir, la frecuencia de alimentación) puede modificarse con ayuda de las teclas (Δ ∇). (ajustar P011 a 001 para permitir memorizar el nuevo ajuste de frecuencia cuando el convertidor se desconecte de la red).

6.4.4 Funcionamiento Mando Analógico

Para una configuración básica de mando con señales analógicas, proceder de la forma siguiente:

(1) Puentear los bornes de mando con un simple interruptor CON/DES. Con ello se ajusta el convertidor para giro horario (ajuste prefijado).

(2) Conectar como se indica en la figura No. 110 un potenciómetro de $4.7K\Omega$ en los bornes correspondientes o aplicar una señal de 0-10V entre los bornes 2 (0V) y 3.

(3) Ajustar el interruptor (SW1) en la placa del circuito impreso para entrada de tensión (V).

- (4) Colocar nuevamente la tapa y aplicar la tensión de red al convertidor. Ajustar el parámetro (P009 a 002 o 003) a fin de permitir el ajuste de todos los parámetros (ver figura No. 112)
- (5) Ajustar el parámetro (P006 a 001) para prescribir consigna analógica.
- (6) Ajustar los parámetros (P021) y (P022) para que representen la frecuencia de salida más baja y más alta.
- (7) Ajustar los parámetros (P081 a P085) de acuerdo a los datos de la placa de características del motor (ver figura No. 113).
- (8) Llevar el interruptor externo a la posición CON. Mover el potenciómetro (o cambiar el nivel de la señal de mando analógica de forma que en el convertidor se visualice la frecuencia deseada).

6.4.5 Parada del Motor

Existen diferentes modalidades de parada:

- Reduciendo la frecuencia progresivamente hasta 0.0Hz (con la tecla ∇ va reduciéndose la consigna hasta (0.0) lo que permite una parada lenta y controlada del motor)

- Se anula la orden marcha o se pulsa la tecla PARO (O) en el panel frontal de mando hace que el convertidor desacelere con la velocidad de desaceleración seleccionada (ver parámetro P003).
- Si se pulsa PARO2 (OFF2), el motor se desconecta inmediatamente y gira por inercia hasta que se para (ver parámetros P051 a P055).
- Pulsando el PARO3 (OFF3) se produce un frenado rápido (ver parámetros P051 a P055).
- Frenado por inyección de corriente continua hasta de 250%, lo cual produce una parada brusca cuando se retira la orden marcha (ver parámetro P073).
- Frenado con resistencia (ver parámetro P075).

6.4.6 Equipo a utilizar

1 Variador de velocidad A.C.

1 Motor A.C.

1 Osciloscopio

1 Resistencia de 5.6 M Ω

Cables de conexión

6.4.7 Preguntas

1. Que parámetros se aplican para que el convertidor varíe la velocidad?, explique
2. La parada del motor (freno): hay o no devolución de energía a la red, por que?
3. Que cuidados se deben de tener para colocar el motor que exige un variador de velocidad de A.C.?
4. Que es un convertidor en PWM?
5. Dibuje la gráfica tomada por el osciloscopio a la entrada y a la salida del variador.

Explique.
6. Que tipos de semiconductores permiten variar la velocidad en las motores?
7. En caso que el fallo visualizado sea (F002) que tipo de fallo es? Y que hace usted?

6.5 LABORATORIO No. 3

6.5.1 Montaje del Variador de Velocidad D.C. (Rectivar 4 serie 44)

6.5.2 Objetivos

-Determinar el montaje y conexionado del variador de velocidad DC y su respectivo motor.

-Tener claridad en las conexiones de las borneras tanto en la tarjeta de control como de la tarjeta de potencia para garantizar un buen funcionamiento.

-Establecer con claridad las precauciones que se deben tener en cuenta para montar el equipo.

6.5.3 Introducción teórica

El variador de velocidad DC (Rectivar 4 Serie 44) es un conjunto , el cual esta diseñado para el control separado de excitación independiente o de imán permanente desde una fuente única de corriente alterna.

El puente opera en los cuatro cuadrantes de esta manera entrega una potencia total.

El puente compuesto de diodos alimentan el campo mediante una señal rectificada de onda completa.

El puente de tiristores alimenta una parte a la armadura y la otra contribuye en la generación de la señal de onda completa.

La velocidad de un motor de corriente continua con excitación independiente puede conseguirse a través de la variación de la tensión de inducido por eso la velocidad del motor es directamente proporcional a la tensión del inducido.

En cuanto a la instalación del variador de velocidad DC, este se debe encontrar en una posición vertical de esta manera el aire tendrá un recorrido de abajo hacia arriba, este equipo no debe instalarse en zonas de temperaturas elevadas puesto que los elementos que constituyen el variador pueden sufrir daños.

Para efectuar el cableado del equipo se debe tener muy en cuenta separar el terminal de tierra de los demás bornes de conexión tanto de control como de potencia y así se garantiza la operación del equipo y evitar daños en el equipo.

6.5.4 Material y Equipo

Variador de velocidad D.C.

Tablero de control.

Cables de conexión.

Tester o VOM.

Motor de DC.

Tablero de alimentación AC.

6.5.6 Preguntas

1. Indicar cual es la posición de instalacion del variador de velocidad y porque se debe colocar de esta manera (explique brevemente).
2. Cuales son las precauciones a tener en cuenta para el conexionado del equipo y como deben estar la parte de control con respecto a la de potencia.
3. Cual es el objetivo fundamental de que el equipo de trabaje y opere en los cuatro cuadrantes.

6.6 LABORATORIO No. 4

6.6.1 Montaje e Instalación del Variador de Velocidad D.C.

6.6.2 Objetivos

- Comprender la forma de variar la velocidad en CC mediante convertidores electrónicos.
- Determinar experimentalmente la puesta en operación del conjunto variador – motor de CC teniendo en cuenta las precauciones necesarias.

6.6.3 Introducción teórica

En la mayor parte de las aplicaciones de los motores se alimentan directamente de una red y trabajan según su propia característica par – velocidad de acuerdo con las condiciones determinadas por la carga mecánica que accionan. Sin embargo, para otras aplicaciones se provee a los motores de dispositivos y equipos de regulación que pueden modificar sus características adaptándolas a las condiciones operativas exigidas en cada caso particular.

El principal factor objeto de regulación es la velocidad, pero puede regularse también el par y la aceleración. El conjunto del equipo de regulación consta regularmente de redes, contactores componentes magnéticos y elementos estáticos tales como diodos tiristores y transistores constituyendo todo ello, junto con el motor, el sistema de arrastre.

Cualquier tipo de motor puede regularse para adoptar su velocidad y por las necesidades y su carga mecánica. La diferencia en este sentido reside en el volumen y costo del equipo de regulación necesario. Los motores de corriente continua son de fácil regulación estando bien determinado su campo de velocidades.

Ahora vamos a establecer en enfoque del principio de regulación de velocidad en una forma sencilla.

Cuando está especificada en gran precisión completamente libre de influencia de disturbios exteriores se hace necesario emplear un sistema de regulación con realimentación.

La teoría de control por realimentación ha alcanzado un alto grado de precisión, existiendo numerosos libros de texto y publicaciones técnicas que tratan de importante y extensa en cuestión. En este apartado observaremos un ejemplo de un sistema de regulación de velocidad, que será tratado partiendo de la base de que la persona se encuentra familiarizado con los conceptos básicos.

En la figura No 115 se representa un diagrama de uno de los sistemas de regulación de velocidad con excitación independiente. La velocidad del motor se mide mediante un tacómetro-generador cuya tensión se compara con la tensión de referencia (ER). La diferencia o error entre estas tensiones se amplifica y es la que regula la tensión de salida del equipo de conversión, de forma que la velocidad se mantenga prácticamente constante al valor fijado por la tensión de referencia. Frecuentemente se añade al sistema regulador un circuito limitador de corriente con el objeto de proteger el equipo contra las sobrecargas que se originan si el motor ha de responder a grandes variaciones de la tensión de referencia o del par resistente. En la figura mencionada anteriormente, el circuito limitado de corriente se ha representado con líneas a trazos.

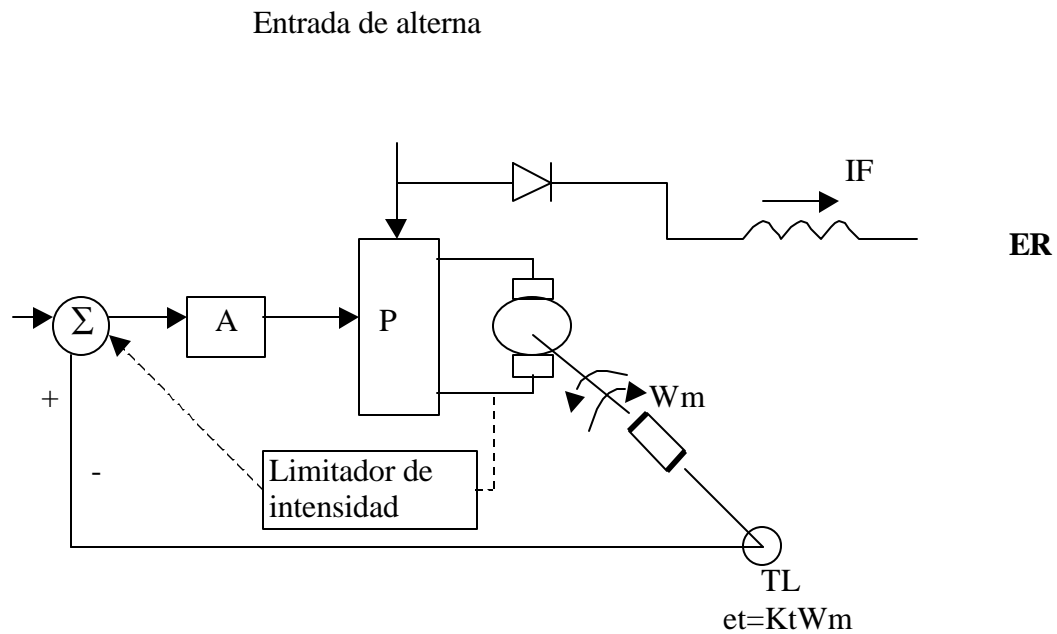


FIGURA No. 115 SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD CON REALIMENTACIÓN

El amplificador (A) y del equipo de regulación de potencia dependen del sistema adoptado, (P) por ejemplo puede ser un rectificador estático. (A) puede ser un circuito desfasador que regule el ángulo de cebado de los tiristores, o bien (P) puede ser un grupo motor-generador y (A) un amplificador que regule la corriente de excitación del generador de continua como el sistema Ward Leonard.

Ahora a continuación describiremos algunas formas o maneras sobre como variar la velocidad de un motor.

Las características par velocidad de un motor de corriente continua puede variarse actuando sobre la tensión en el inducido, sobre la corriente de excitación, e insertando resistencias en el circuito inducido. Los reguladores estáticos pueden usar cualquiera de los tres procedimientos según sea el caso particular a que se aplican.

Para variar la tensión en el inducido se utiliza a base de tiristores que suministra corriente continua a los motores. Los rectificadores toman la energía de una red de alterna monofásica o trifásica y pueden tener distintas disposiciones según sea su potencia y según se requiere o no la inversión de marcha o en el frenado.

La tensión en el inducido se gradúa regulando el ángulo eléctrico de desfase entre la onda de alterna y la señal aplicada a la puerta.

Si la corriente de excitación no ha de ser regulada, se toma directamente del rectificador principal, pero si ha de poderse reducir a fin de tener velocidades superiores a la de base, se toma un circuito rectificador auxiliar, gobernado por otro circuito relacionado con el de regulación de velocidad.

Para regular velocidad de motores de corriente continua excitados en serie, alimentados de una fuente de tensión continua. Se dispone de un tiristor de tal forma que corte y cierre rápidamente el circuito, de manera que la tensión se reparte entre el inducido y el interruptor, con lo que se puede regular la tensión media aplicada al inducido, el circuito actúa como una resistencia sin pérdida en el inducido.

Actualmente con el avance de la electrónica, los equipos utilizados para variar velocidad con CC. han reducido su tamaño comparado con los que se utilizaban hace algunos años atrás.

Dichos variadores de velocidad poseen una alta gama de aplicación en los sistemas industriales para múltiples necesidades tales como en las industrias papeleras, rotativas de periódicos, etc.

El variador de velocidad de CC que se utilizó para efectos prácticos corresponde (Rectivar 4 Serie 44) dicho variador no posee el sistema de tacogenerador, es decir, esta debe ser acoplado en forma independiente, puesto que este variador es de una tecnología de algunos años atrás.

Actualmente los equipos modernos usados para variar velocidad en motores de corriente continua ya traen implementado dentro de su diseño el tacogenerador el cual está conectado dentro del variador de velocidad de CC.

Estos equipos son poco utilizados debido al alto costo que estos presentan dentro del mercado comercial.

6.6.4 Material y equipo

- 1) Un variador de velocidad CC (Rectivar 4 Serie 44)

- 2) Un motor de CC 0.75 Hp amp armadura 3.9
 1750 RPM
 180 Voltarmadura FLD 0.3/0.6
 FLD 200/100
 40°C máxima ambiente

- 3) Un tablero de alimentación y control.
 4) Destornillador y pinzas
 5) V.O.M.
 6) Tacómetro
 7) Amperímetro
 8) Osciloscopio

6.6.5 Procedimiento

Una vez realizado las conexiones en una forma correcta al variador de velocidad de CC (Rectivar 4 Serie 44) antes de colocado en marcha se le deben realizar algunos ajustes de parámetros, dichos ajustes se realizan en la tarjeta de control del variador de CC, estos ajustes se realizan de la siguiente manera:

ACC Corresponden a la aceleración y desaceleración del tiempo de

DEC rampa

Contra las manecillas del reloj es de 0 segundos y en el sentido de las manecillas del reloj son 20 segundos.

HSP Se ajusta también este corresponde a un Swiche de control de velocidad en OFF, este corresponde a un ajuste dinámico el cual está relacionado con la carga del motor, este no se debe operar en las condiciones de carga.

RI Corresponde al lazo de ajuste de velocidad, este se debe ajustar al 100% válida la función usando RUN.

SPP Parapreser mínimo en contrapartida en el sentido contrario a las
SPI manecillas del reloj.

Al tener en claro los conceptos anteriores, verificamos que haya tensión en los terminales del variador, oprimimos el interruptor en la posición de ON.

Verificamos la velocidad en el motor (RPM) y tomamos medidas de voltaje y de corriente (bornes motor), tomamos el potenciómetro de ajuste de rampa. Este potenciómetro nos varía el giro de rotación del motor, verificamos corriente, velocidad y voltaje.

-Interruptor de codillo de doble posición para (W10 y P10) para poder hacer cambio de giro movemos al interruptor ya sea para (N10 o P10).

Para variar la velocidad es posible modificarla con el control externo de limitación de corriente (disminuyendo solo el valor de la corriente).

Al variar la velocidad sin tacogenerador tener muy en cuenta el calentamiento del motor y posibles fallas del convertidor. Con el osciloscopio tome gráficas en la entrada al convertidor, bornes del motor, al encender el equipo, al invertir velocidad y al variar la velocidad y haga el análisis respectivo de cada gráfico.

6.6.6 Preguntas

1. Qué precauciones debe tener usted en cuenta en las conexiones?.
2. En caso de no tener el tacogenerador, de qué otra forma varía usted la velocidad?.
Explique.
3. Cuál es la función principal de la bobina o de la inductancia de línea que se encuentra entre la red y el variador de velocidad.
4. Explique los gráficos dados en el osciloscopio.
5. Explique brevemente cuales son los pasos para la operación del variador de velocidad de CC (Rectivar 4 Serie 44).
6. Realice uno de los graficos tomados y analice los resultados.

Referencias Bibliograficas

A.E. Fitzgerald, KINGSLEY, Charles Jr y KOSTEO, Alexander. Teoría y análisis de las máquinas eléctricas. Segunda edición. Barcelona: Editorial Hispanoamericana.

7. OBSERVACIONES CONJUNTO – CONVERTIDOR MOTOR AC, DC

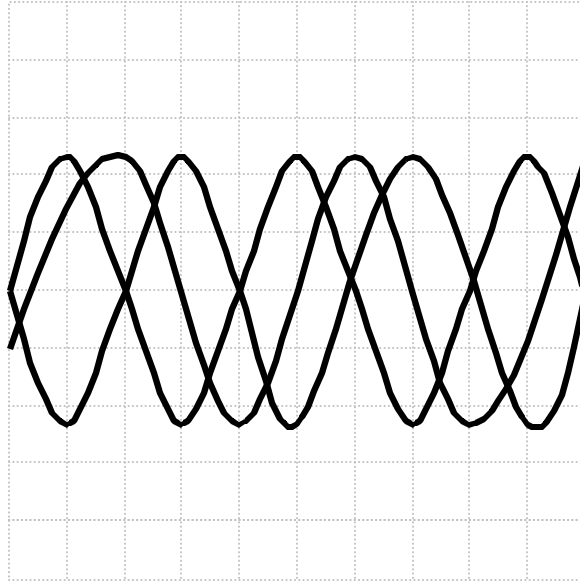


FIGURA No. 116 FORMAS DE ONDA ENTRADA DEL DRIVE

1. Forma de onda voltaje de entrada al convertidor
2. La señal del voltaje de entrada que se observa en el conjunto convertidor motor es la típica forma de onda del voltaje esto significa que eléctricamente la onda debe estar desfasada 120° , 270° , 360° para el caso trifásico.

Cabe observar que estas tres gráficas no son señales sinusoides puras debido a que el variador inyecta armónicos a la red del sistema es por ello que se nota la distancia en las señales.

7.1 ANÁLISIS GRAFICO RTV 44 OBTENIDO EN EL OSCILOSCOPIO PARA EL VOLTAJE DE ARMADURA EN EL MOTOR D.C.

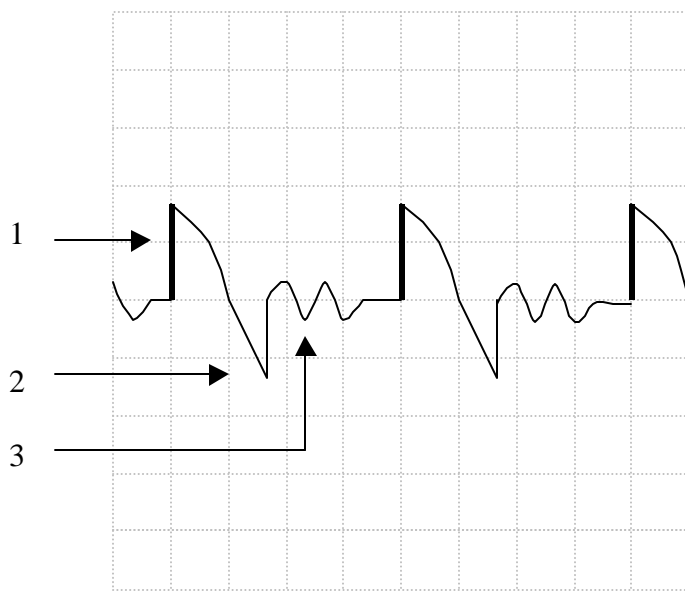


FIGURA No 117 FORMA DE ONDA SALIDA DEL CONVERTIDOR DE D.C. RTV 44 HACIA LA ARMADURA DEL MOTOR

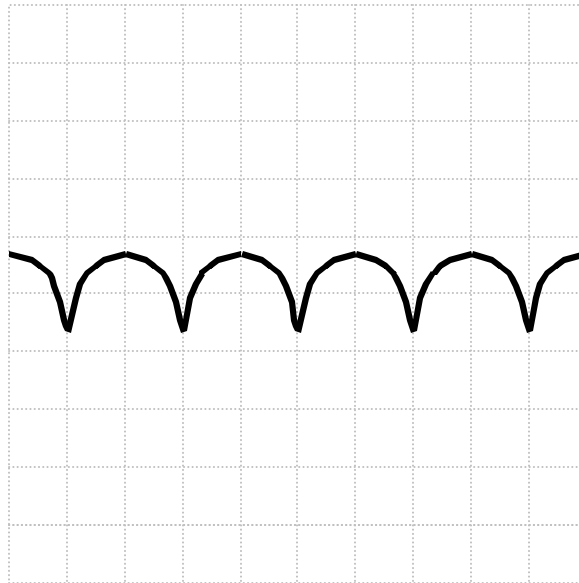
En el gráfico obtenido a través del osciloscopio podemos ver en (1) primera instancia los disparos los SCRs, los cuales se mantienen a lo largo de la

señal como el producto de funcionamiento de los siguientes tiristores. Podemos añadir a lo anterior que a medida que la velocidad aumenta el ángulo de disparo disminuye y cuando se produce la disminución de la velocidad el ángulo de disparo aumenta estos efectos se pueden observar en la región positiva de la gráfica.

(2) También podemos observar en la región negativa la zona de descarga de la energía magnética acumulada del motor.

(3) Finalmente también se puede apreciar los efectos de la inductancia y resistencia del motor, estos se presentan como distorsiones o ruidos en la señal.

7.2 ANÁLISIS GRAFICO OBTENIDA EN EL OSCILOSCOPIO PARA UN RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA RTV 44



**FIGURA N0 118 SEÑAL DE SALIDA DEL DRIVE RTV 44 HACIA EL CAMPO
Ura DEL MOTOR**

El variador de velocidad de corriente continua (Reactivar 4 Serie 44) es alimentado al devanado de campo con señales de onda completa o señales de media onda.

En el puente rectificador de onda completa aquí podemos ver que esta señal no puede variar a menos que se cambie por una señal de media onda.

7.3 ONDAS DE SALIDA DEL VARIADOR MCM, Y ENTRADA AL MOTOR

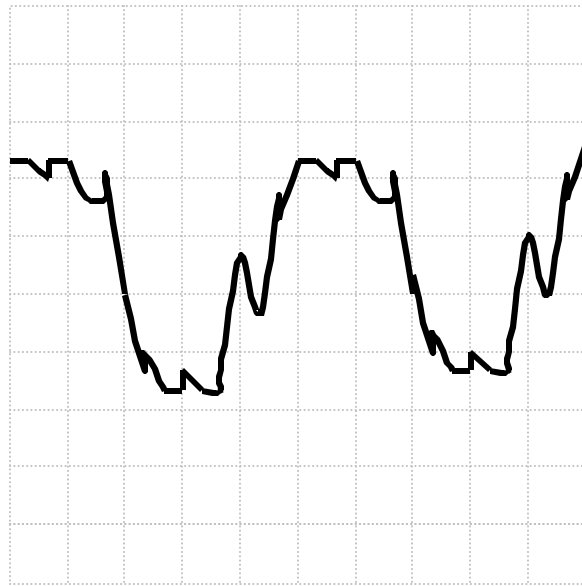


FIGURA No119 CURVA DE SALIDA DEL DRIVE A.C HACIA EL MOTOR

La corriente es la demanda por el motor y por lo tanto ha de circular por los semiconductores del puente.

En la Figura No 119 también se observa la conducción de los diodos en antiparalelo con los interruptores estáticos, mediante estos resultados se puede ver la forma de onda a la red del convertidor consumida por el motor en el se representan los ciclos de los sistemas trifásicos de tensiones dadas por el drive.

En este resultado se aprecia la modulación dada por el puente en (PWM)

7.4 AMPLIACIÓN DE LA ONDA A LA SALIDA DEL DRIVE

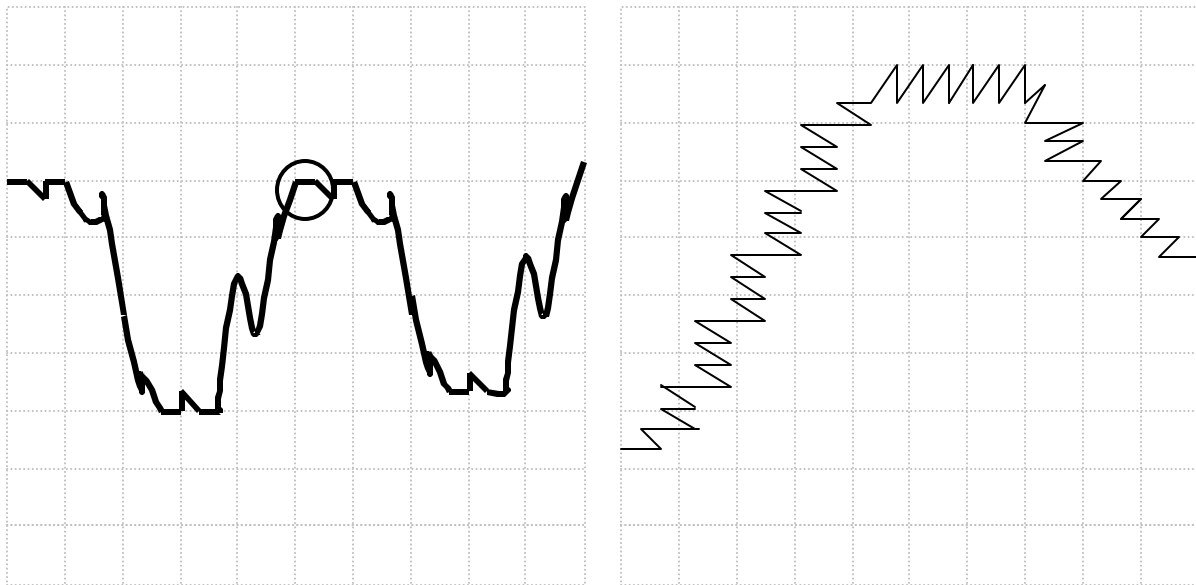
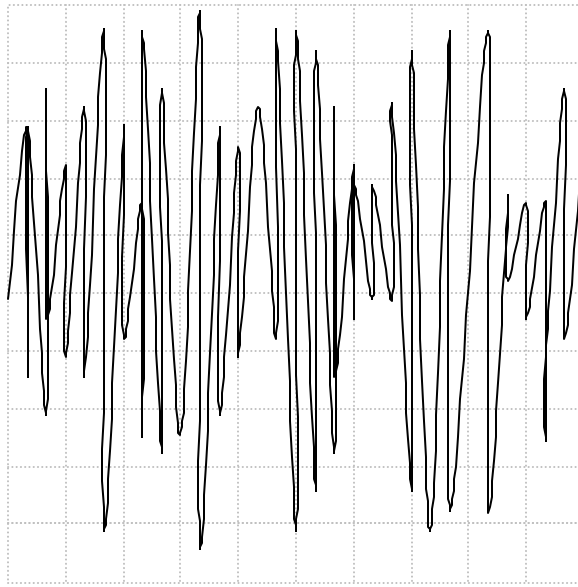


FIGURA No. 120 FORMA DE ACTUACIÓN DEL INVERSOR SOBRE LA ONDA (SWICHEO) EN SU MODULACIÓN

En la Figura No.118 se puede observar el paso de la corriente por los interruptores estáticos por los swicheos dados dentro del convertidor para poder ordenar la variación de la frecuencia, esta señal se puede obtener aumentando el rango en el osciloscopio con una resistencia de $5.6\text{ M}\Omega$ en el caso de no tener un osciloscopio digital

7.5 FORMAS DE ONDA DE LAS RADIOFRECUENCIAS DADAS POR LOS DRIVES



**FIGURA No 121 FORMAS DE ONDA DE FILTRACIONES DE
RADIOFRECUENCIAS**

En la Figura No 121 podemos observar una forma de onda bastante distorsionada debido a que es el resultado de la filtración de todas las radiofrecuencias emitidas por el equipo y cuyas señales son filtradas y aterrizadas para evitar perturbaciones y daños en el equipo

CONCLUSIONES

- En cuanto a la parte de corriente continua podemos establecer que dicho convertidor utilizado no es ideal para ciertos tipos de requerimiento en cuanto a potencia ya que este equipo maneja valores bajos.
- Los equipos de corriente continua en la actualidad son poco utilizados debido a su alto costo tanto del convertidor como del motor ya que se presentan sistemas de variación de velocidad a precios más reducidos.
- En cuanto a la eficiencia total del conjunto convertidor – motor podemos indicar que no es muy alta debido a los valores bajos de potencia que maneja con respecto a otros convertidores. Además es un equipo de cuidado, complicado manejo y respuesta lenta esto genera retardo de los procesos y pérdida de tiempo a nivel industrial.
- Debemos tener en cuenta la radiofrecuencias emitidas por el conjunto convertidor– motor ya que pueden alterar sistemas externos más flexibles como equipos de computación, comunicación y a su vez equipos de igual utilidad.
- En caso de una conexión de varios equipos debemos tener en cuenta el alto número de armónicos que emiten a la red esto lleva al sobrecalentamiento de conductores, disparo de interruptores, y ocasionando una mala regulación de la red.

- Para el convertidor de corriente alterna podemos decir que es un equipo de fácil programación y manejo además es un convertidor bueno debido a que por el tamaño del mismo maneja un volumen de potencia aceptable y es utilizable para diferentes procesos.
- Es un convertidor de fácil conexión y manejo debido a esto es utilizado en muchos procesos industriales reduciendo así los costos de producción.
- El convertidor de AC es un equipo que se debe utilizar con cuidado ya que es constituido por componentes delicados y de alta sensibilidad ya que puede ser causa de daños: movimientos bruscos, altas temperaturas por rendimiento y trabajos forzados.
- En cuanto a la variación de la velocidad encontramos en la industria equipos más robustos y de mayor precisión que maneja gran volumen de potencia estos equipos son llamados servosistemas con regulación automática que es un sistema de regulación con realimentación, en el que la variable regulada es una posición mecánica para la tecnología moderna, la regulación automática es tan necesaria como conveniente. Su uso se extiende a todos los campos
- Para la tecnología moderna, la regulación automática es tan necesaria como conveniente. Su uso se extiende prácticamente a todos los campos: desde los dispositivos de uso militar, pasando por el conjunto de plantas de producción industrial, hasta los laboratorios de investigaciones científicas.

Reguladores de temperatura.

Reguladores de presión.

Reguladores de caudal o gasto.

Reguladores de nivel de líquidos.

Reguladores de velocidad.

Tensión mecánica en fábricas de papel.

Reguladores de pH.

Reguladores de tensión de generadores.

Reguladores de frecuencia.

Direcciones de tiro artillero.

Regulación de antenas de radar de búsqueda.

Calculadores para direcciones de tiro.

Calculadores analógicos.

Pilotos automáticos.

Reactores atómicos.

Proyectiles dirigidos.

Reguladores para telescopios seguidores.

Reguladores de sintonía automática.

Reguladores de combustión automática.

Fresadoras automáticas.

Prácticamente en todas las aplicaciones, el sistema debe cumplir unas determinadas condiciones de salida. Mediante una señal de mando, se ordena al sistema lo que debe hacer y los distintos componentes que se hallan entre esta señal de entrada y la salida, sirven para regular la energía suministrada, de tal forma que se obtenga el resultado apetecido en la salida del sistema. Normalmente, los sistemas de regulación están proyectados para mantener una salida constante, que puede ser establecida previamente en un mando calibrado, es decir, que la entrada a un regulador suele ser constante durante largos períodos de tiempo, y el sistema está proyectado para compensar las variaciones de carga. En otros sistemas de regulación automática, la señal de mando suele ser variable en magnitud y sentido. La salida debe variar de acuerdo con esta señal de mando. En muchos casos, la salida debe reproducir la variación de la entrada, mientras que en otros ha de variar de acuerdo con cierta función de la señal de entrada.

BIBLIOGRAFIA

A. E. FITZGERALD, Charles Kingsley Jr. Teoría y Análisis de las Máquinas Eléctricas, Segunda Edición. Editorial Hispanoeuropa, Barcelona (España) 1980.

APARICIO MARZO, José Luis. Doctorado Criterios de Diseño de Convertidores Estáticos para Accionamientos Regulados en Corriente Alterna con Motores de Inducción. Universidad Politecnica Madrid. Mayo 1987

CHAUPRADE, Robert; PRAF, Cristian Devin. Control Electrónico de los Motores de Corriente Continua. Colección Electrónica/Informática. Editorial Gustavo Gili, S A 1983

CHAUPRADE, Robert; FRANCIS, Milsant. Control Electrónico de los Motores de Corriente Alterna. Colección Electrónica/Informática. Editorial Gustavo Gili, S A 1983

H RASHID, Muhammad; GARCIA SANCHEZ, Gabriel. Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones. Segunda Edición. Universidad la Salle. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A 1995

KOSOW L, Irving. Control de Maquinas Eléctricas. Editorial Reverte S A 1977

MERINO AZCARATE, José María. Convertidores de Frecuencia para Motores de Corriente Alterna. Editorial McGraw Hill. Copyright, España 1998

PERACULA ROURA, Joan, Convertidores Alterna Continua con Tiristores Aplicaciones a los Accionamientos Industriales. Editorial Marcombo Boixareu 1990

SEGUIER, Guy. Electrónica de Potencia. Editorial Gustavo Gili, S A 1979

SIEMENS S A, Catalogo Micromaster Midimaster Variadores de Velocidad Siemens 1996

SIEMENS S A, Catalogo Simovert Micromaster MC – Drives

SUBAHMANYAM, Vedam. Electric Drives. Concepts and applications. Editorial McGraw Hill 1996

SIEMENS S A, Catalogo Micromaster Midimaster Variadores de Velocidad Siemens 1996

SIEMENS S A, Catalogo Simovert Micromaster MC – Drives

TELEMECANIQUE, Catalogo Rectivar 4 Serie 44

ANEXOS

CATALOGOS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS RECTIVAR 4 SERIE 44 (TELEMECANIQUE) Y MICROMASTER (SIEMENS)

CATALOGO RECTIVAR 4 SERIE 44

PRESENTACIÓN

RTV-44 REVERSIBLES, 4 CUADRANTES

CARACTERISTICAS

Los variadores de velocidad RTV44 están destinados a regular la velocidad de los motores de corriente continua con excitación separada o de imanes permanentes a partir del voltaje alterno monofasico.

El funcionamiento en cuatro cuadrantes le permite la reversibilidad y facilidad en el control

Constitución

La gama RTV 44 comprende 4 calibres de 6 a 44 A con tecnologia compacta

Adelante contiene una cubierta metálica que protege los diferentes dispositivos

Para los calibres de 6 a 12 A

- La carta de control
- La carta de potencia

Para los calibres de 24 a 44 A

- La carta de control
- La carta de interface de potencia

- La sección de potencia

Carta de control

Este es comun el rango completo del RTV 44 y tiene las siguientes características

- 4 puntos de (clip-on) asegurando el encendido
- conectores de (plug-in) para la conexión externa en la parte baja del tablero
- principal ajuste del arranque en la misma zona

Funciones

- Proporciona una regulación de velocidad proporcional integral
- Regulación de corriente
- Lógica de inversión
- 2 niveles de limitación de corriente circuito de disparo de compuerta
- Seguridad cuando prendemos y apagamos
- Rampa con ajuste independiente de aceleración y deceleración
- Led de señalización del relé

Capítulo 2 Tablero de potencia

- El puente de potencia
- El circuito de disparo y protección de semiconductores
- El circuito indicador de la corriente de armadura
- Diodos rectificadores de corriente de excitación
- Selección de la corriente de excitación tomada
- Media onda
- Onda completa

- Para la clasificación de 12 voltios permite la selección correspondiente de la selección del tap del transformador

Carta de interface de potencia (rango 24 y 44 A)

- Circuito de disparo y protección de semiconductores
- Diodos de rectificación de la corriente de excitación
- La selección del voltaje de linea suministrado al transformador, dependiente de la medida del voltaje
- Media onda
- Onda completa

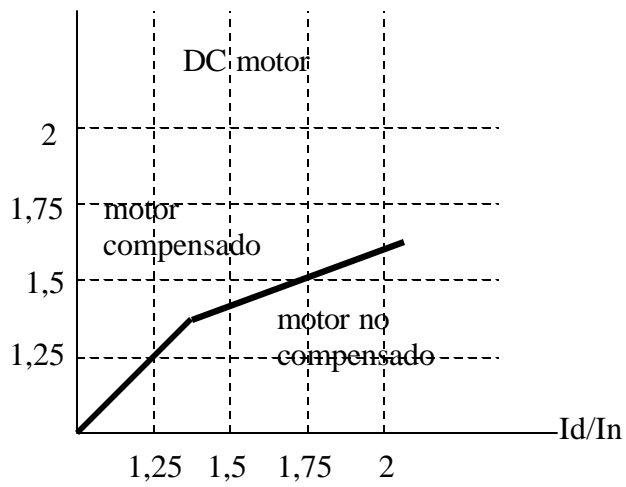
Selección de control de rango de velocidad

En la tabla de CONTROLADOR DE VELOCIDAD - MOTOR COMBINACIÓN permite el control de rango de velocidad ha de ser determinado por:

- Cada operación continua con rata de cambio del torque de 1,2 periodos
- Para una sobrecorriente de $I_d/I_n = 1,5$ durante 8 segundos maximo operando con 2 estados limitados de sobrecorriente (con operación ciclica) si el torque requerido es mas que 1,2 T_n use la maxima corriente tomada por el motor I_d determine el rango de velocidad a controlar
- I_d debe ser \leq maxima corriente continua del controlador de velocidad para determinar la maxima corriente del motor I_d dependiendo del torque inicial consulte la curva de la máquina (motor) si esta no esta disponible utilizamos en este caso la curva siguiente

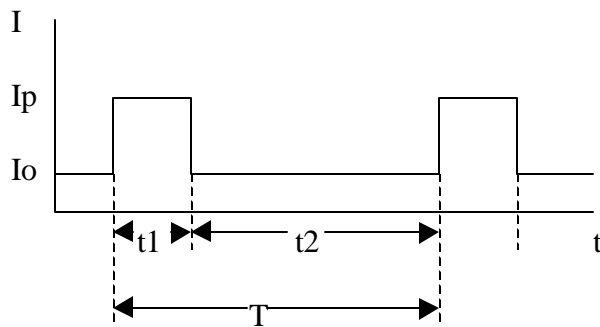
Ejemplo $T_d/T_n = 1,6$ corresponde al punto de no compensado la curva da $I_d/I_n = 2,1$ velocidad maxima a controlar

$$T_d/T_n$$



Modo de operación

El control de velocidad tiene un máximo de corriente continua que no puede ser excedida



La operación puede ser definida por 2 valores de corriente I_o e I_p

I_o : de corriente continua

I_p : corriente pico

Para el RTV 44 el siguiente tiempo límite debe ser observado

Para I_o e I_p los valores máximos para los diferentes rangos para las diferentes clasificaciones

	I maxima continua 6		12	24	44
I_o	4	8	16	29	
I_o	9	18	36	66	

Ciclo especial

Para una operación específica conocido el límite térmico el equivalente de calentamiento provocado por la corriente térmica debe calcularse

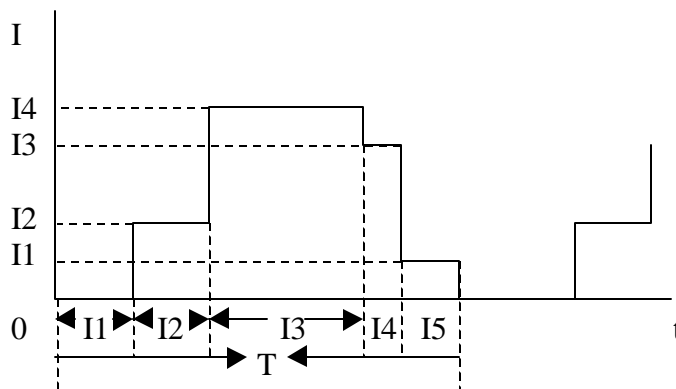
$$I_{mte} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + \dots + I_n^2 t_n}{T}}$$

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

Operando en condiciones normales por

- $I_{mte} \leq 0,8 I_{\text{maximo continuo de control de velocidad}}$
- $I_p \text{ motor} \leq I_p \text{ controlador de velocidad}$

Ejemplo de la I_{mte} definición



$$I_{\text{nte}} = \sqrt{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + I_5^2 t_5}$$

CONTROLADOR DE VELOCIDAD – MOTOR COMBINACIÓN

Los valores que corresponden a temperatura ambiente 40°C para la operación a 40°C y 60°C

aplicando una corriente de 1,2% para no degradar la temperatura

Una fase Continuo Motor

Voltaje	Linea	pico	max	Poder(n=0,85)		Recomend		Exitación	
	Corr	Continuo		estandar	Limit(2)	2 estados	Armadura	Voltaje	
						Limit(2)	Voltaje		
Urms	Irms	Im	Ip	In	P	Pn(4)	Pc(3)	UA	Iex
V	A	A	A	A	kW	kW	kW	V	V
220V									
50/60	8	6	9	5	0,6	0,5	1,15	150	190
Hz	16	12	18	10	1,25	1	2,3	150	190
	32	24	36	20	2,55	2	4,6	150	190
	58	44	66	36	4,6	3,7	8,4	150	190
240V									
50/60	8	6	9	5	0,65	0,55	1,2	160	205
Hz	16	12	18	10	1,35	1,1	2,45	160	205
	32	24	36	20	2,7	2,2	4,9	160	205
	58	44	66	36	4,9	4	9	160	205
380V									
50/60	16	12	18	10	2,2	1,8	4	260	330
Hz	32	24	36	20	4,4	3,5	8	260	330
	58	44	66	36	8	6,4	14,6	260	330
415V									
50/60	16	12	18	10	2,4	1,9	4,3	280	360
Hz	32	24	36	20	4,8	3,8	8,6	280	360
	58	44	66	36	8,6	6,9	15,7	280	360

+

Factor= 1,6

(2) Ajuste de corriente de limitación

(3) Pp Poder pico ($I_d/I_n = 1,5$)

(4) Pn Rango de poder.

Características

Fuente principal de voltaje y frecuencia	220/240 y 380/415 $\pm 10\%$ exacto en el rango 6A 220/240 solamente 50/60 Hz $\pm 2\%$
Voltaje de armadura recomendado	$U_{\text{armadura}} \leq U_{\text{principal}} * 0,68$
Voltaje principal de excitación	Máximo voltaje 415 y $U_{\text{excitación}}$ 0,45 o 0,86 $U_{\text{principal}}$ ver tabla anterior
Maxima corriente de excitación	2A
Limitación de corriente de armadura	Ajustable por potenciómetro Dc 0,45 a 1,5 tiempo máximo corriente continua
Rango de velocidad	1 a 20 (por reacción U – RI)
Control exacto de fmm	Depende características del motor
Control por tacómetro generador	100 a 200
Precisión con variación de torque resistivo	-0,24% de la velocidad colocada
0,2 Tn a Tn	-0,07% de la máxima velocidad
De voltaje principal $\pm 10\%$	$\pm 0,22\%$ de la velocidad colocada
De temperatura ambiente del aire	$\pm 2,2\%$ de la velocidad colocada
20°C \pm 20°C	$\pm 0,1\%$ de la velocidad máxima
Referencia de velocidad	Galvánicamente aislado del circuito de poten
2 voltajes de entrada	0 a ± 10 V impedancia de entrada 39 K Ω
por potenciómetro	2,2 a 10 K Ω conectado a la fuente interna de 0 a ± 10 V
Por señal analógica	0 a ± 10 V suministro por fuente externa

Inversión	0 a 20 mA y 4 a 20 mA con inversión por señal lógica las dos entradas ± 10 V están sumando su suma no debe exceder 10 V
Por voltaje de armadura	Para referencia de velocidad polarizada por la señal lógica
Por tacogenerador	Conexión H en posición U usa el aislamiento galvánico
Aceleración y deceleración de rampa	Ajusta 5 posiciones 10, 30, 60, 120, 240
Relés de salida	Ajusta independientemente la aceleración y la deceleración tiempo 0 a 20 segundos en 2 rangos es posible hasta 120 S o cancelación de rampa
Características eléctricas de contacto	Para contactor auxiliar 250 V alterno 300 VA máximo 30 VA máx 30V 0,5 Amperios máx
Voltaje y corriente disponible sobre control de velocidad (valor acumulado de corriente)	<p>Numero de operaciones : 10^6 operaciones</p> <p>Capacidad de suicheo mínimo 24V/20mA AC y DC</p> <p>+ 15V (P15) 50 mA –15V (N15) 50 mA para toda la entrada tablero opcional y función externa ± 24V (PL) 30 mA (80mA sin carga sobre +15V +10V (P10) 5mA –10V (N10) 5mA</p>

Entrada lógica	Run 10 mA consumo a 24V, 10V mínimo suicheo INR ISI 10 mA consumo a 24V, 7,5V máximo suicheo
Grado de protección	IP00
Temperatura ambiente para operación	0 a 40°C (para operación por encima de 60°C la corriente se multiplica por 1,2% por cada grado centígrado)
Para almacenamiento	-25°C a 70°C
Altura	multiplicar por 0,7 la corriente por cada 100m por encima de 1000m (altura sobre el nivel del mar)
Vibraciones y choques	pruebas efectuadas conforme a las recomendaciones de IEC de publicación 68 – 2 – 6/FC

RECTIVAR referencia de terminales

Puente potencia 24/44 A

Marcando	función
AL 1	Puente principal de potencia a 415 V 50/60 Hz Tierra Armadura del motor
AL 2	
M2	
M1	
Tablero de interfase de potencia 24/44 A	Voltaje de pico AL1 – AL2 Suministro de control 220/240V a 380/415 V Abastece el puente de excitación Positivo de la excitación Negativo de la excitación
AL11	
AL21	
CL1	
CL2	
FL1	
FL2	
F1+	
F2-	
Tablero de potencia 6/12 A	Armadura del motor Suministro puente de potencia a 415V 50/60 Hz(excepto 6 A 220/240V
M2-	
M1+	
AL1	
AL2	

AL11	Voltaje pico de AL1 – AL2
AL21	
CL1	
CL2	Control de suministro 220/240V o 380/415V
FL1	Unico abastecimiento del puente de excitación
FL2	
F1+	Positivo de la excitación
F2-	Negativo de la excitación

Tablero de control

RNA	Entrada sensor de velocidad
RNB	
AT(1)	Terminal asignable (segundos referencia (39 k Ω))
0V	
E1	Referencia velocidad entrada 0 a 10 V (39 k Ω))
SP	Señal velocidad (0 ± 8 V) para la máxima velocidad (3mA máximo)
IRT	Incremento de tiempo de rampa para voltaje externo
SAO	Salida lazo velocidad (I salida ≤ 3 mA)
CAI	Lazo de entrada velocidad (68 k Ω))
ECL	Limitación de corriente entrada 0/-10V
DCC	Señal de corriente (I salida ≤ 3 mA) 1,5 V para valor promedio
RUN	Validación de control (circuito gate lazo rampa)
PL	Suministro entrada lógica (24V) RUN opción 1 y opción 2
INR	Validación de la rampa por 0V
ISI	Inhibición del amplificador integral de velocidad por 0 V
P10	Suministro de referencia por potenciómetro +10V $\pm 0,2$ V (5 mA)
0V	
N10	Potenciómetro suministro -10V $\pm 0,2$ V (5mA)
P15	Suministro +15 $\pm 0,6$ V I _{max} = 50mA
N15	Suministro -15 $\pm 0,6$ V I _{max} = 50mA
K!A(2)	Voltaje puesto contacto de relé K! (entrelazarse) cerrado

K1B	Cuando el controlador es valido
K2A(2)	Voltaje puerto contacto de relé K2 con función
K2B	Configurable por conexión

(a) Limitación corriente cerrado cuando el control es limitado exteriormente

(b) Velocidad no cero cerrado cuando la velocidad es mayor que 0,02 el rango de velocidad

(1) Segunda velocidad otra conexión a la rampa para la amplificación de velocidad

(2) Características máximas de contactos

- Voltaje 250V 300VA máximo , 30 VA máx ; 30V DC 0,5 A máximo numero de operaciones 106 mínima capacidad de suicheo 24V/20mA AC o DC

Instalación

Prueba preliminar

Quite el Rectivar desde su empaque y verifique que no ha sido golpeado durante el transporte asegure que la referencia sobre la etiqueta del controlador de velocidad es el que corresponde al equipo pedido

- Precauciones de montaje

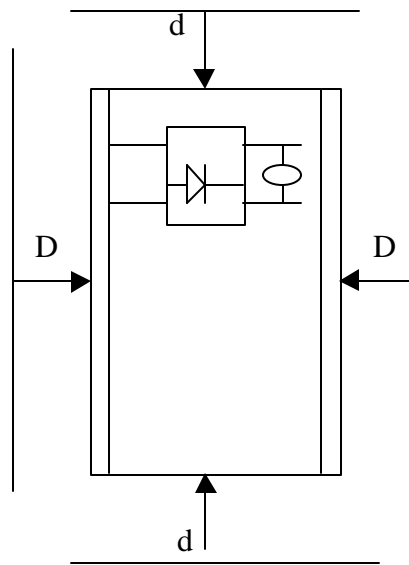
Monte el controlador de velocidad en posición vertical para que el aire circule de abajo hacia arriba

No instalar cerca del calor que irradia elementos

Propósito general montaje en metal cerrado

IP23 grados de protección En orden asegurando flujo de aire dentro del control

Dejar suficiente espacio alrededor de la unidad



$D \geq 50 \text{ mm}$

$d \geq 100 \text{ mm}$

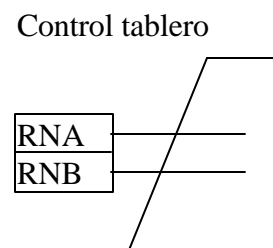
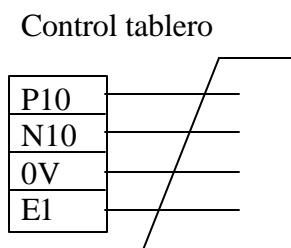
Proporcionar ventilación adecuada si no adaptar un ventilador de enfriamiento con filtro

PRECAUCIONES DE CABLEADO

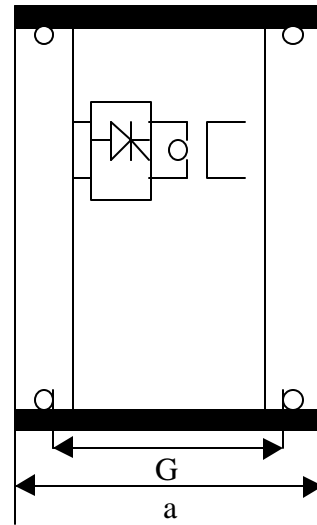
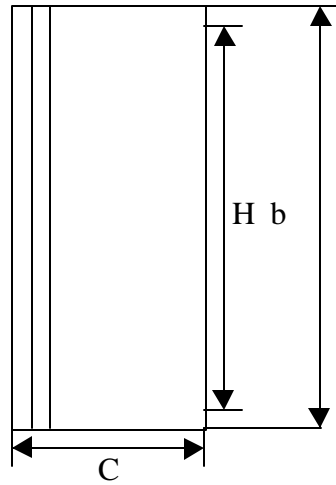
Para efectuar el cableado quita la portada y usa un apropiado destornillador apartador . desde el terminal especial de tierra se toma marcas, ningunos conductores conectados a bloques terminales deberán tocar tierra la cual es protectora de instalación

La retroalimentación de velocidad (cuando usamos tacogenerador) debe ser cableado utilizando pares torcidos ($\text{pitch} \leq 5 \text{ cms}$) en lo posible dejar lejos el control de telegrafía de los cables de potencia

Las señales a los terminales siguientes deben conectarse como anteriormente se describió

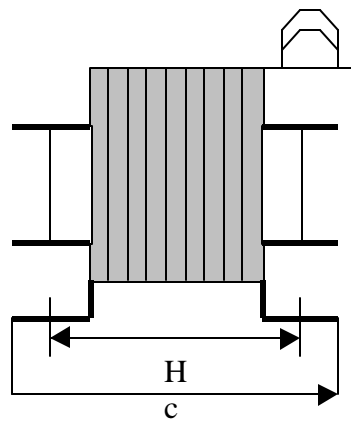
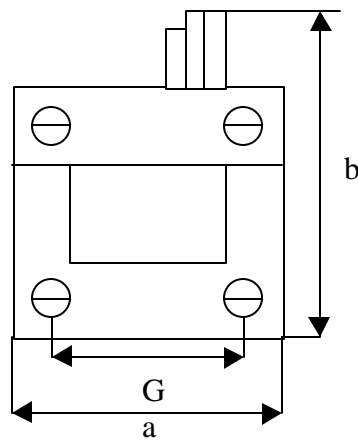


Las otras señales accesibles al bloque terminal del cliente K1A – K2B debe cablearse con una longitud máxima de 5M para mayores utilizar un circuito de interfase.



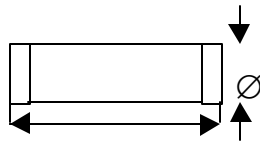
$a = 159$ $b = 264$ $C = 130$ $H = 230$ $G = 120$

Inductancia de línea



$a = 60$ $b = 105$ $c = 90$ Fijación $G = 50$ $H = 44$

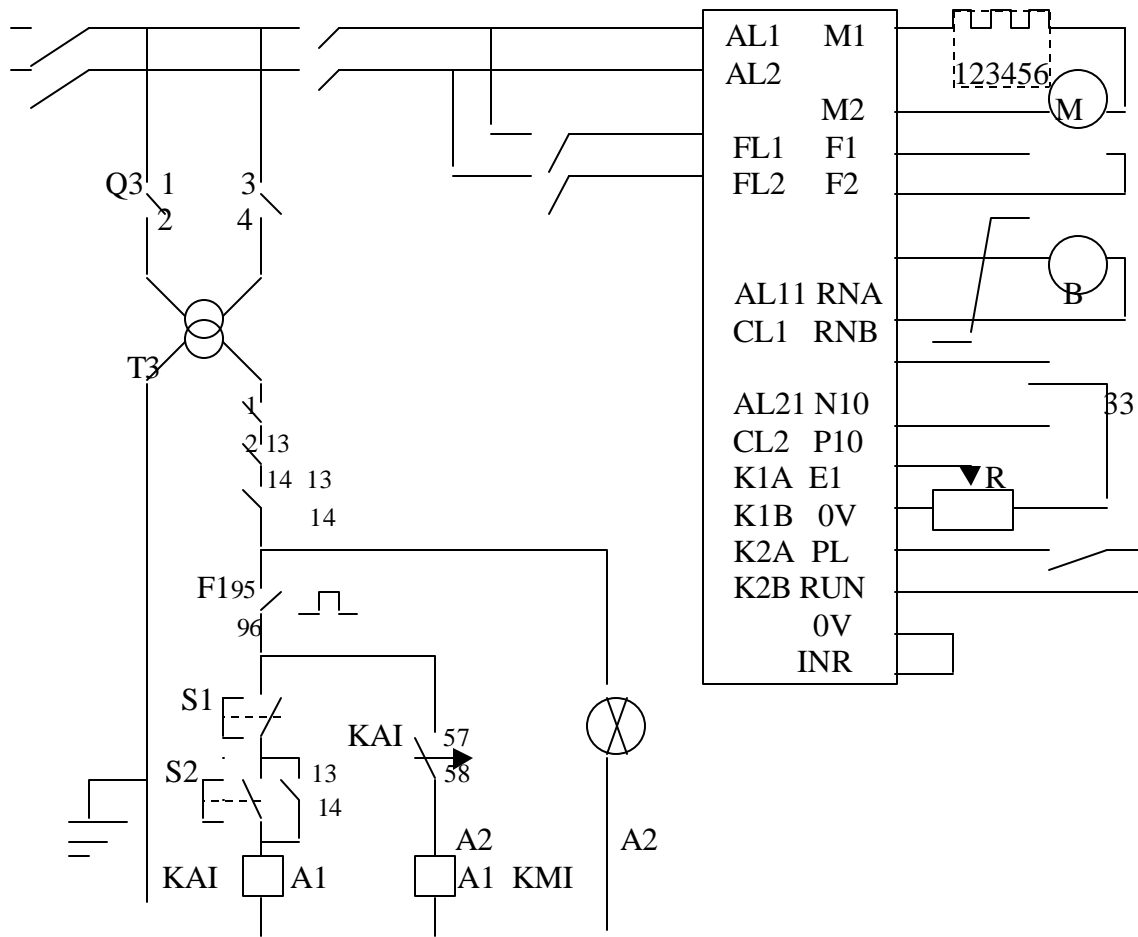
Fusibles



L = 38

 $\mathbf{A} = 10$

Conexiones



Voltaje de excitación

Conexión

Suministro principal

F **I** **T**

Limitación

220/240V	380/440V	Excitación	Especial	Estándar
190/205V	330/360V		1	0
100/110V	170/185V		1	0

Nota: General interlazo, salida relay (contacto abierto interlazo)

Asignación relay (control velocidad limitación de salida de velocidad cero)

Inversión con freno regenerativo

Suministro 220/240 o 380/415V 50/60 Hz

Nomenclatura del equipo requerido

	Descripción	Voltaje Principal 220/240	Voltaje Armadura 150/160	Referencia máxima 0.65kw	Referencia Potencia con Td/Tm=1.2 0.3kw	Referencia	Referencia
M	Motor				2.4KW	4.8KW	8.5KW
A1	Control Velocidad			RTV44U6M	RTV44D12Q	RTV44D24Q	RTV44D44Q
F1	Relé de sobrecarga termico + bloque terminal			LR2-D13 LA7-D1064	LR2-D13 LA7-D1064	LR2-D LA7-D	LR-2D LA7-D
KA1	Rele de control interruptor			CA2DN40M7 LA3 DRO	CA2DN40M7 LA3 DR0	CA2DN40M7 LA3 DR0	CA2DN40M7 LA3 DR0
KM1	Contactador de linea			LC1-D0910M7	LC1D1210M7	LC1D2510M7	LC1D5011M
L1	Inductancia de linea			VZ1L008U860	VZ1L016U860	VZ1L032U800	VZ1L060U400
LAD	Rizado choque requerimiento			escencial recomendado	para motor para el torque	con rotor del	Llano motor
Q1	Aislamiento 2 fusibles de potencia			Ls1d2531a65 DF2CFO2001	Ls102531a65 DF2CFO2501	6K1-EK DF3EFO4001	DK16-B2 DE3FF10001
Q2	Circuito braker contacto			GV1-M07 GV1-A01	GV1-M07 GV1-A01	GV1-M07 GV1-A01	GV1-M07 GV1-A01
Q3	Circuito braker			GV1-M05	GV1-M05	GV1-M05	GV1-M07
Q4	Circuito braker			G82-VB05	GB2CB05	GB2-CB05	GB2CB06
R	Potenciómetro			SZ1-RV1202	SZ1RV1202	SZ1-RV1202	SZ1-RV1202
S1,S2 S3	Control			Elemento XB2-M	XB2-B		
H	Señalizando						
T3	Transformador Secundario 220V			100VA	100VA	100VA	250VA

FUNCIÓN DE ENTRADA DE LA VELOCIDAD

Velocidad de Referencia

El circuito permite 2 referencias de voltaje para ser usados variando entre 0 y $\pm 10V$.

El primero se aplica a la entrada de función de rampa vía terminal E1, la segunda se debe aplicar al terminal AT. Las dos posiciones, la referencia debe ser dirigido a:

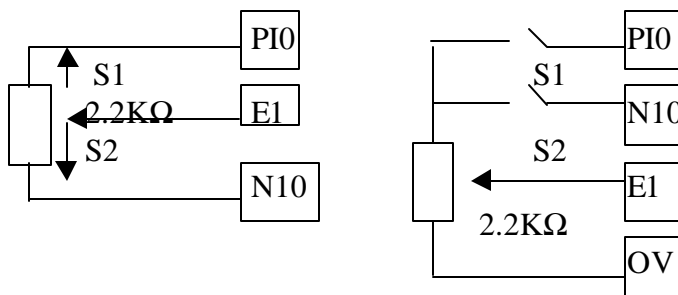
-Cada función de rampa

-ó al amplificador de la velocidad

Advertencia: La suma de los voltajes aplicados simultáneamente a las dos entradas no se debe hacer nunca.

Exceder +10V o -10V

La dirección del comando es dada para la polaridad de referencia.



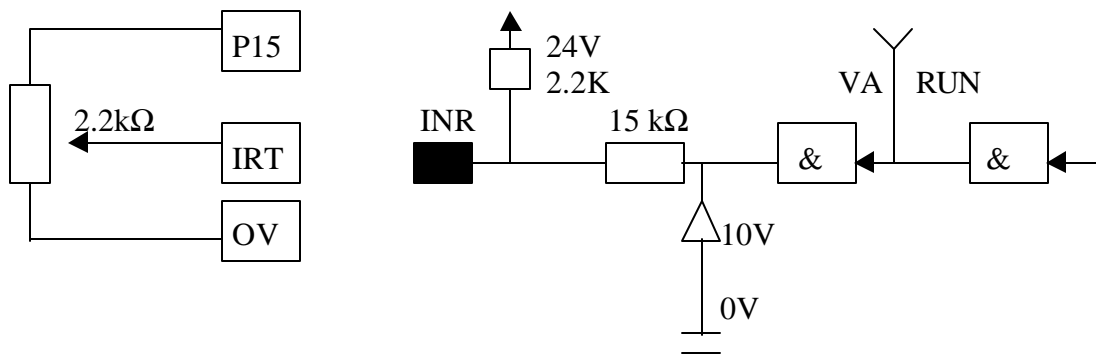
RAMPA

El tiempo de aceleración (ACC) y el tiempo de desaceleración (DEC) puede ser ajustado independientemente ellos pueden ajustarse de dos maneras internamente:

-Por un suiche con dos posiciones definido en dos rangos 2 a 20 segundos y 0.5 a 5 segundos.

-Por un potenciómetro que permite ajustar el tiempo de cada rango externamente.

El tiempo de rampa puede ser modificada usando el IRT de entrada conectando los Z 2.2 potenciómetros y dos diodos como el visto en el diagrama para ser usado como control análogo programable.



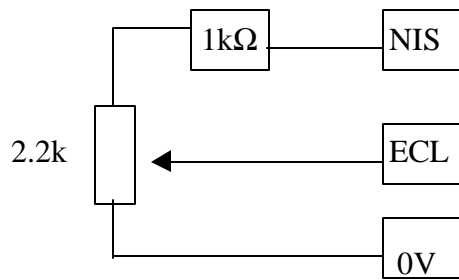
El rango de operación de 1.5V a 10V, reduciendo este voltaje el tiempo puede ser ajustado usando ACC y DEC potenciómetro para ser incrementado por un factor de 1 a 6.

Cuando el INR entrada es conectado a 0V la velocidad de rampa es valida para resetiar de rampa a cero el INR debe ser abierto.

Función de Velocidad de Referencia de Entrada

Limitación de corriente interna :

Es posible modificar la velocidad con el control externo de limitación de corriente (disminuyendo solo el valor de la corriente)

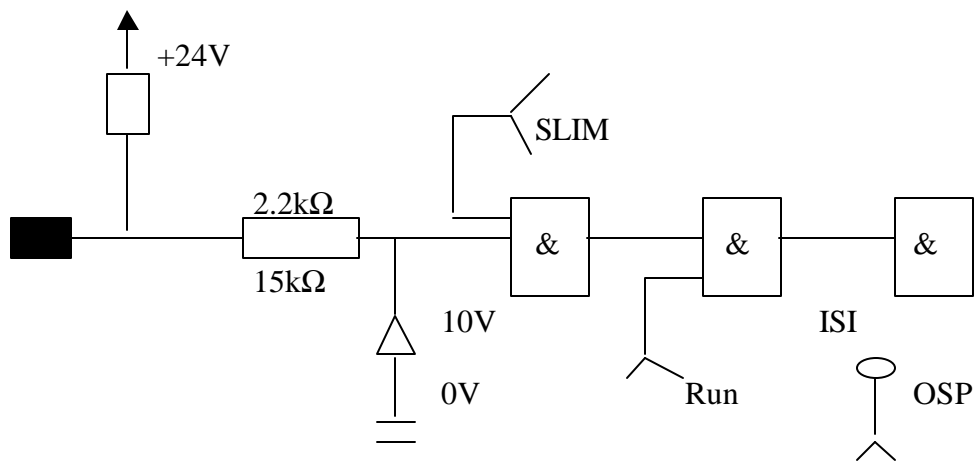


$I=0$ para $ECL=-10V$

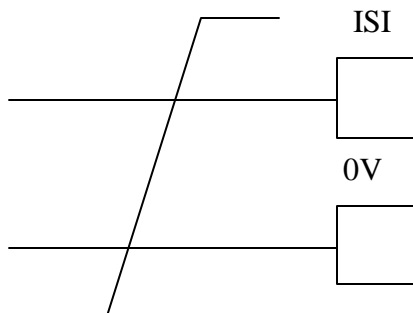
$I=I_{lim}$ Para $ECL=0V$

0a 100% ajusta la limitación de corriente

Interacción Corto Circuito



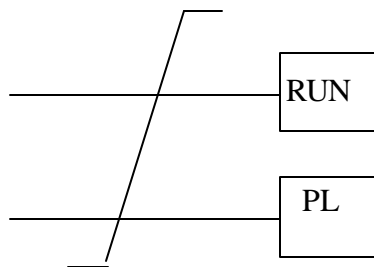
Para cancelar el termino de la velocidad del lazo de conexión terminal ISI para cero por conexión terminal ISI a el 0V en el tablero de control



Es posible cancelar el término integral para $N \leq 0.02$ rango de tiempo N marcando el ISI conectado en la posición si la conexión es en posición cero el término puede ser sólo cancelado por el terminal ISI.

El control de velocidad es valido vía el RUN (****) comando de entrada, cuando esta entrada es conectada a el PL la entra al control de velocidad es válido.

Cuando esta conexión es aproximadamente larga el lazo de velocidad y el lazo de corriente el disparo de la compuerta y función de rampa están cerrados.



Cuando el control suministro (CLI-CL2) están conectados sobre el lado del contactor de línea KM1 el cierre del contacto Run nunca debe preceder el cierre del control de línea (peligro de daño) cuando el controlador es suicheado sobre el contacto Run debe siempre abrir mínimo a los 0.25 segundos después del contactor de línea.

Potenciómetros

Leds

TABLERO DE CONTROL

Conexión

F 50 o 60 Hz

E Separa el amplificador de velocidad del amplificador de corriente (abierto en posición 0)

AT Aplicando al terminal AT para ser directo AT posición de rampa (RAMP) para el amplificador de velocidad posición (SAI)

RAMP Operación de la referencia RAMPA 0 – 15 o 0,5 a 20 S

ISI Cancelación de la ganancia integral o patron 1 para $N \leq 2\%$

IA T Selección del tipo de limitación

0 estandar

1 con 2 estados

H Selección de nivel de velocidad reacción de voltaje referente al tacogenerador

AK2 Asignación de rele K2 IA cerrar salida limitación de corriente

OSP cerrado cuando velocidad $\geq 2\%$

POTENCIOMETRO

ACC Ajusta tiempo de aceleración

DEC Ajuste tiempo de deceleración

HSP Ajusta máxima velocidad

RI Ajuste de compensación RI (operación U – RI)

IA> Ajuste de limitación de corriente

SPP Ajuste de velocidad proporcional

SPI Ajuste integral de velocidad

OSP Ajuste de amplificador de velocidad

LEDs

RUN (led verde) valido estado de control de velocidad

IA> (led amarillo) operando en limitación de corriente

A1 (led verde) valido puente 1

A2 (led verde) valido puente 2

RZI (led amarillo) resetear lazo de corriente

RELE ELECTROMAGNETICO

K1 Validación de indicación de Relé

K2 Asignación de relé

TARJETA DE POTENCIA

F Selección de voltaje de excitación

U Selección de suministro del transformador de control excepto rango 6 A suministro solo para 220 V

VERIFICACIÓN PRELIMINAR

Con desconexión del suministro

Verifique la placa y los sellos del equipo para asegurar que el controlador de velocidad del Motor y el suministro de voltaje principal son compatibles

- Asegure que el cableado corresponde al diagrama del circuito
- Verifique que todos los terminales estén ajustados y que el conector del control de velocidad este completamente enchufado
- Cuando es usada una referencia de velocidad por voltaje verifique la conexión de referencia de velocidad potenciómetro y mida la resistencia con multímetro valor sugerido 2200Ω (terminal 0 V, P10, N10) valor recomendado $2,2K(R \leq 10K\Omega)$
- Potencia $P \geq 3W$

Cuando el AT entrada adicional es usada verifique que:

$$\text{Máximo } U_{\text{ref}} = V(E1) + V(AT) = \pm 10 \text{ V}$$

Verifique la posición de la conexión

Debe asegurarse que estos están en la posición vista de conexiones, El tablero de control debe chequearse en orden y verificar la conexión del tablero de potencia

ADAPTACIÓN PARA SUMINISTRO PRINCIPAL

Rangos 12, 24 y 44 A son producidos por voltajes duales ellos están debidamente indicados por 380/415 V para el uso con 220/240 V principal. Modifique la posición de conexión U sobre el tablero de potencia, también verifique que la posición de conexión F sobre el tablero de potencia corresponde al voltaje de excitación

Voltaje principal	Voltaje excitación	
	Para conexión	
50/60 Hz	media onda F onda completa	
220 V	100 V	150 V
240 V	110 V	205 V
380 V	170 V	330 V
415 V	185 V	360 V

Nota el rango 6^a es un solo suministro 220/240 V

VERIFICACIÓN PRELIMINAR

Operación con aislación $U \pm RI$

Tablero de aislación galvánica

El tablero no es suministrado con el controlador, si quiere tener esta opción. En el tablero de potencia hay 3 aislamientos separados cuando se conecta la cinta No 5 en el tablero de potencia en J7, la cinta No 6 en el H sobre el tablero de control en posición U, debemos

verificar la posición del aislamiento galvánico y la correcta conexión del voltaje de armadura

Nota conecte la cinta y separe este suministro con el tablero para reducción de corriente del tablero

El tablero no es alimentado con el controlador

Monte un conector J2 y J3 sobre el tablero de control con algún otro alumbrado

Tablero variación de disparo

También incluye la función de reducción de corriente el tablero no es alimentado con el controlador

ADAPTACIÓN DE MODULO

V203 RZE101 referencia de velocidad (corriente de entrada dirección de señal lógica)

Control de presencia de excitación RM2 1 A relé

EQUIPO REQUERIDO

Un multímetro preferiblemente 20000 ohmios/voltaje

Un osciloscopio de 2 canales

El aparato debe estar aislado de la alimentación no conecte el osciloscopio a otra tierra de la instalación


Con shunt se requiere una escala móvil

AJUSTES ESTATICOS

Máxima corriente del motor

Su controlador tiene 2 posibles modos de operación

LINK I▲T a 0 llamado estandar no autorizar algunas sobrecargas la corriente es ajustada a un valor \leq máx control de corriente continua

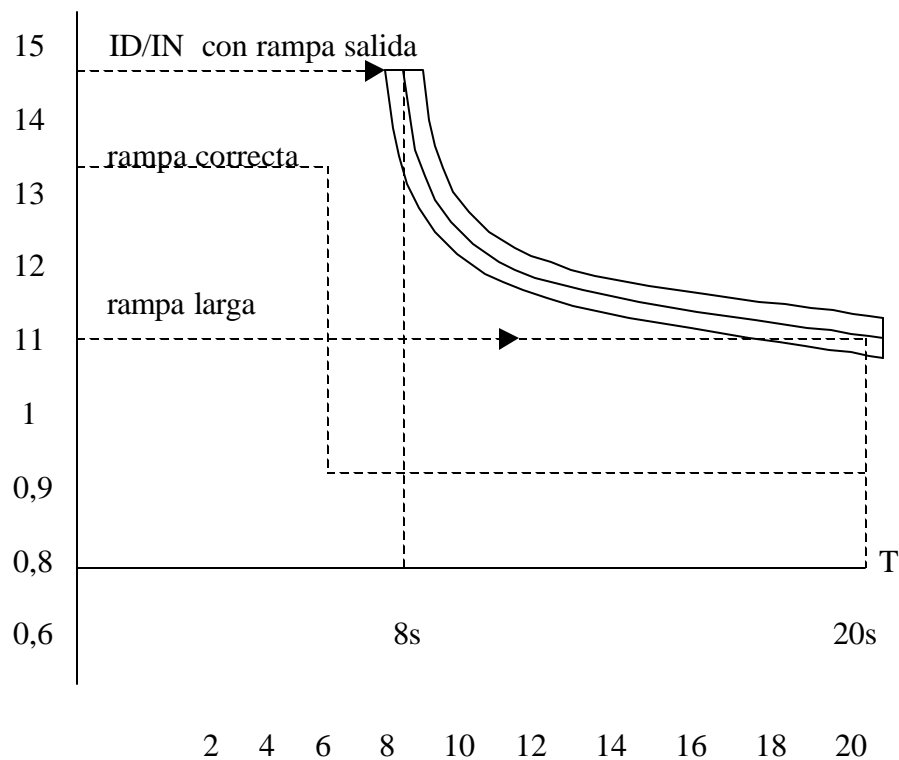
LINK  T LINK en 1 llamado (limitación estado 2) utilizando autorización de una sobrecarga temporal

En algún caso es posible exceder el valor de corriente colocado con una duración de 1,5 T periodo de tiempo seguro

Automáticamente sigue una reducción a 0,8 T

El tiempo de operación de sobrecarga. Depende del valor de sobrecarga para 50 % (1,5T).

El tiempo alrededor de 8 segundos ver gráfica siguiente



Nota 1 El valor que corresponde a 1,5 V sobre el terminal DCC es 2,3 V para el valor de sobrecarga

- 2 cuide el aumento de sobrecarga. Verificar que el estado 2 de corriente es adecuado para frenado

AJUSTES

con la función estado 2 se requiere tener en cuenta el rango $IL = 1,5 \text{ set I}$

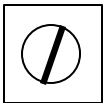
Alimentación principal desconectada

Abrir el Q2 circuito breaker (para motor con excitación permanente mecánicamente eje bloqueado)

sobre el tablero de control posición la $I \blacktriangle T$ a 0 ($I_{\text{máx}} = \text{constante}$) y verifique que el ACC y DEC potenciómetros están en la posición completa contraria a las manecillas del reloj posición (rampa mínima) y la rampa conectada en posición 0

Conecte un amperímetro (posición C) para la armadura motor suiche sobre el control de velocidad

Coloque máxima velocidad usando el potenciómetro de referencia (el motor no debe de rotar), de vuelta al potenciómetro $IA >$ en sentido de las manecillas del reloj en orden para obtener el valor de la limitación de corriente tomando T_d/T_n preciso ver precauciones



Modos de adaptación (ver documentación suministrada con cada modulo)

AJUSTE DINAMICO

Medidas seguras

- No coloque en limitación de corriente grande como el motor esta en conmutando puede recalentarse

- Nunca exceda máxima corriente verifique sobre el rango de control de velocidad
- Recuerde que para controlar velocidad para 1,2 % por cada °c para temperatura ambiente entre 40 y 60°c

Ejemplo

Tome un RTV 44 D 24 Q operando con temperatura ambiente 55°c entonces $1,2 (55 - 40) = 18\%$ dando una operación de corriente $24(100 - 18/100) = 20$ A para un motor operando con T_d/T_n de 1,2 y una $n = 0,85$ la máxima potencia disponible para el motor es :

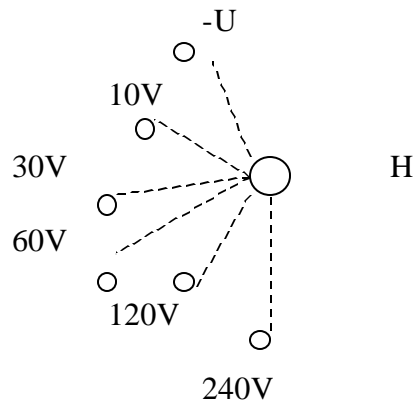
$$\frac{I \text{ máx} \times U \text{ armadura} \times n}{T_d/T_n} = \frac{20 \times 280 \times .85}{1.2} = 3.900w$$

Nota: Para motores que no están bloqueados mecánicamente la limitación debe ser ajustada con el motor en movimiento durante el examen dinámico, el ajuste debe ser:

- Suiche de alimentación apagado
- Recierre Q2 para poner en marcha el eje del motor
- Desconecte el amperímetro
- Resetee la referencia velocidad potenciómetro a Q

Ajuste de Velocidad Dato Reacción

Adopción de voltaje de reacción de inducido es llevada usando conexión H, como lo visto en la tabla, abajo (con aislación galvánica) tablero de operación esencial si $(U \pm RI)$ voltaje reacción inducido



Modo Reacción	Conexión		Voltaje
	Posición	Voltaje	Armadura
T.6. Taco generador	0-10V	0-10V	
	0-30V	10-30V	
	0-60V	30-60V	
	0-120V	60-120V	
	0-240V	120-240V	
Aislamiento	0-240V	120-240V	150 a 280V
$U \pm RI$	0-u	0-10V	

Ajuste Dinámico

Ajuste rango de velocidad

Ajustado por HSP potenciómetro como sigue

-suiche control de velocidad en off

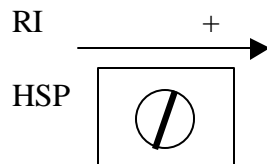
-Coloque un valor de referencia abajo:

- Si el motor acelera en un sentido
- Para T6 reacción taco generador
- Suiche off

- Verifique la continuidad de el 2 taco generador conectado
- No invierta la conexión
- Si el motor rota lento (decelera):
 - Siche off
 - Cuando invierte
 - Otro embobinado de campo
 - De la armadura (para motores con iman permanente)
 - Suiche de la alimentación en ON

Si el motor rota lento pero en dirección izquieda:

- Coloque la referencia máxima
- Ajuste el rango de velocidad usando (HSP)
- Suiche off



Ajuste Dinámico

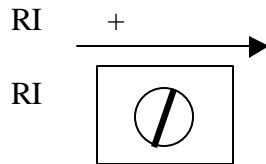
Aplicación especial

Compensación por caída RI (solo con $U \pm RI$)

- -Verifique si la velocidad cae de acuerdo a la carga

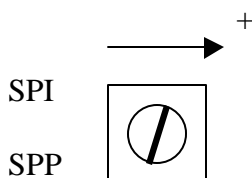
- Corrija la caída por P10 volteando en el sentido de las manecillas del reloj aumentando la compensación hasta que la velocidad sea mínima, cualquiera que sea la carga del motor no debe operar con sobrecarga.
- Verifique que la compensación es operada satisfactoriamente, para todo rango de velocidad debe asegurarse de no exceder el nivel por encima que pueda ocurrir oscilaciones, si esto sucede reduzca la compensación hasta que la oscilación se reduzca.

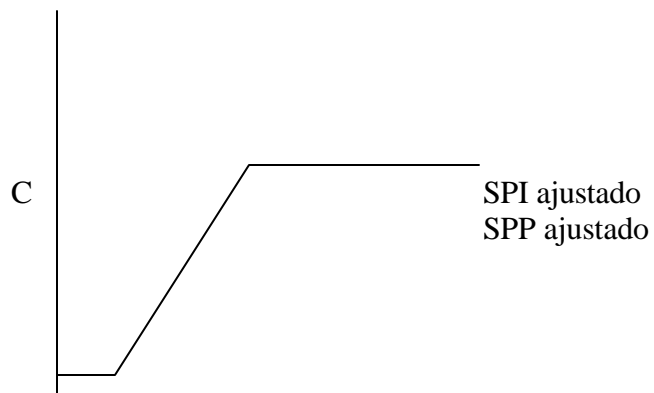
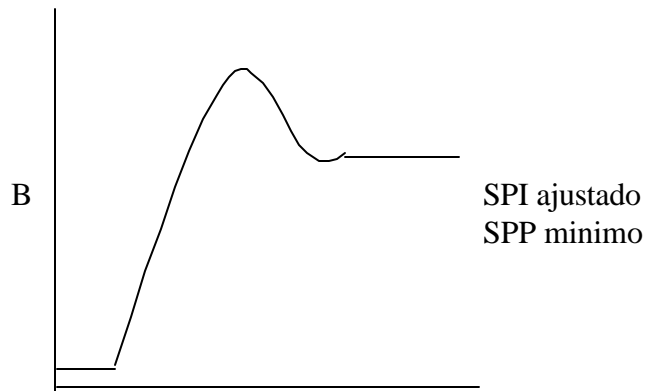
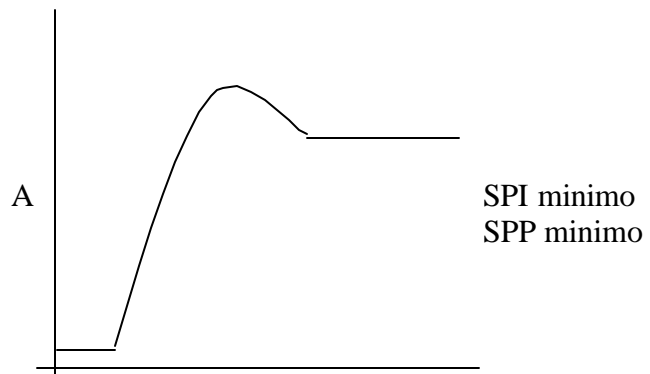
Nota: Teniendo ajustado la caída RI será necesario resetear un alto valor de velocidad.



Lazos de Ajuste de Velocidad

- Coloque referencia del 100%
- Valida la función usando el RUN
- SPP y SPI están fabricados para preset mínimo (potenciómetro en contra parada en dirección contraria a las manecillas del reloj.
- Ajuste SPI para alcanzar el limite de estabilidad. Cuando coloca SPP como fuente para limite de estabilidad
- Para un display de incremento de velocidad. conecte un osciloscopio entre 0V (terminal 31) y SP terminal 6

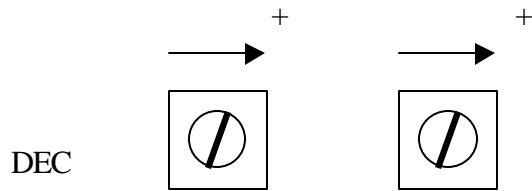




AJUSTE DINAMICO

Tiempo rampa

El control de velocidad entrega como estandar una función de rampa en la posición de 0 – 1 segundos



Aceleración y deceleración del tiempo de rampa son ajustados individualmente. Usando el tablero de control

El ajuste de rango para estos potenciómetros es de 0 seg (en la posición en contra de las manecillas del reloj), mínimo a 20 seg (en la posición a favor de las manecillas del reloj).
en el segundo rango 0 – 1 seg y 1,5 a 20 seg (conexión rampa)

MANTENIMIENTO

Verificación sistemática

Un contacto suelto o falla en conexión puede resultar en falla de operación

- Verifique el voltaje en los terminales
- Asegure que el PL RUN es correctamente conectado (control de velocidad con llave)
- Asegure que el 0V – INR conexión es propiamente conectado (llave de rampa).
-

Problemas

- El motor no gira tranquilamente
- Poca regulación : baja velocidad cuando incrementa la carga
- Inestabilidad
- Motor acelerado
- No ajusta velocidad

- Fusible fundido
- El motor no gira

Para cada operación el uso del tester es recomendado

- (A) Movimiento escala amperimetro
- (V) Voltimetro
- (Ω) Ohmetro

Uso del SD2MT2001 facilita los diagnosticos

FALLAS HALLANDO FALLAS EN LA MESA

Antes de algunas intervenciones verifique sobre el RT V 44 toda la periferia

Fallas observadas	Verifique sobre el control de velocidad	
	Tarjeta de control	Sección de potencia
El motor no rota	<ul style="list-style-type: none"> - Limite la corriente Ajuste A - Abrir llave cuando examine el 0V INR interconectados. El led debe estar prendido - Referencia 0 – 10 V sobre el terminal 0V y el V 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministro principal - Aislamiento fusibles
El motor no rota tranquilamente	- SPP y SPI ajuste ganancia	El puente de potencia Ω
El motor acelerado		<ul style="list-style-type: none"> - Posición de conexión F - Puente de potencia
Inestabilidad	- SPP y SPI ganancia	

		- Posición conexión H	
Pobre regulación. Velocidad baja al incrementar la carga		- Ajuste limitación corriente (colocar bajo) - LED I > (amarillo) prendido	
Imposible regular velocidad		- 0 – 10 V referencia de terminal 0V y E1	Puente de potencia Ω
			-
Fusible fundido			- El alambrado (corto circuito o falta de tierra) - Puente de potencia Ω
Verifique la alimentación auxiliar		Verifique sobre el motor	Verifique sobre los otros terminos
Por tacogenerador	Por U \pm RI		
		- La corriente de excitación y voltaje sobre terminales F1 + y F2 A V - Que el motor no este bloqueado mecanicamente	- El alambrado y conexiones
	- RI Baja compensación	- Motor y generador desgaste de escobillas	- Que no tenga falla a tierra V
- La posición de conexión H de 0 – 240 V - El tacogenerador realimenta a terminales RNA y RNB V	- La posición de la conexión H A HO – HU - El voltaje realimentado	- El voltaje de excitación V - La corriente de excitación A	El alumbrado
El enganche del motor y el tacogenerador	RI baja compensación	- Que el motor no sea de tipo compound	- que la causa no sea mecanica
	RI baja compensación	El valor de lectura voltaje armadura _____ 150 V ----- para 220 V 260 V ----- para 380 V	
		- El alambrado cortocircuito o falla a tierra	- La posición del fusible - El alambrado del circuito de control

MANTENIMIENTO

Verificación del puente de potencia

Con el swiche de control de velocidad apagado desconecte AL1 , AL2 M1 y M2 y examine el puente y marque

2 casos pueden ocurrir :

1 –El tiristor en circuito abierto. Verifique cada tiristor

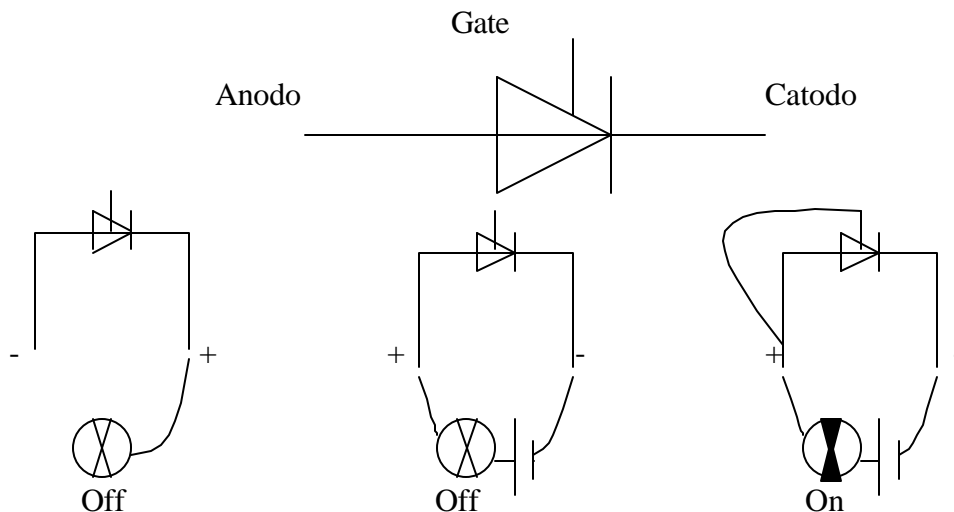
2 –El tiristor en cortocircuito como el puente es completo, uno de los puentes debe ser quitado antes. Es posible para determinar si un tiristor del puente A o el puente B es involucrado

En el evento de una falla desconecte los componentes catodos y:

- Examine el alambrado de potencia
- Examine cada componente (resultado) se ve abajo
- Remplace la parte de la falla

Nota: para el rango 6/12 A remplace la carta de potencia

Tiristor



Nota : La lampara prende con el disparo y el anodo esta conectado y queda prendido cuando la compuerta es desconectada

Verificación del circuito de excitación

- El circuito es localizado sobre el tablero de potencia
- Quite el tablero de control
- Desconecte F1 y F2
- Examine el siguiente puente de 4 diodos D1, D2, D3 y D4 en el caso de falla remplace el tablero de potencia

VARIADOR DE VELOCIDAD MICROMASTER

PANEL DE MANDO

PRECAUCION

No poner en marcha el equipo hasta haber colocado la tapa de plástico.

después de desconectar el equipo hay que esperar siempre cinco (5) minutos para que se descarguen los condensadores incorporados. Solo entonces se permite retirar la tapa. Durante dicho tiempo está prohibido retirar la tapa.

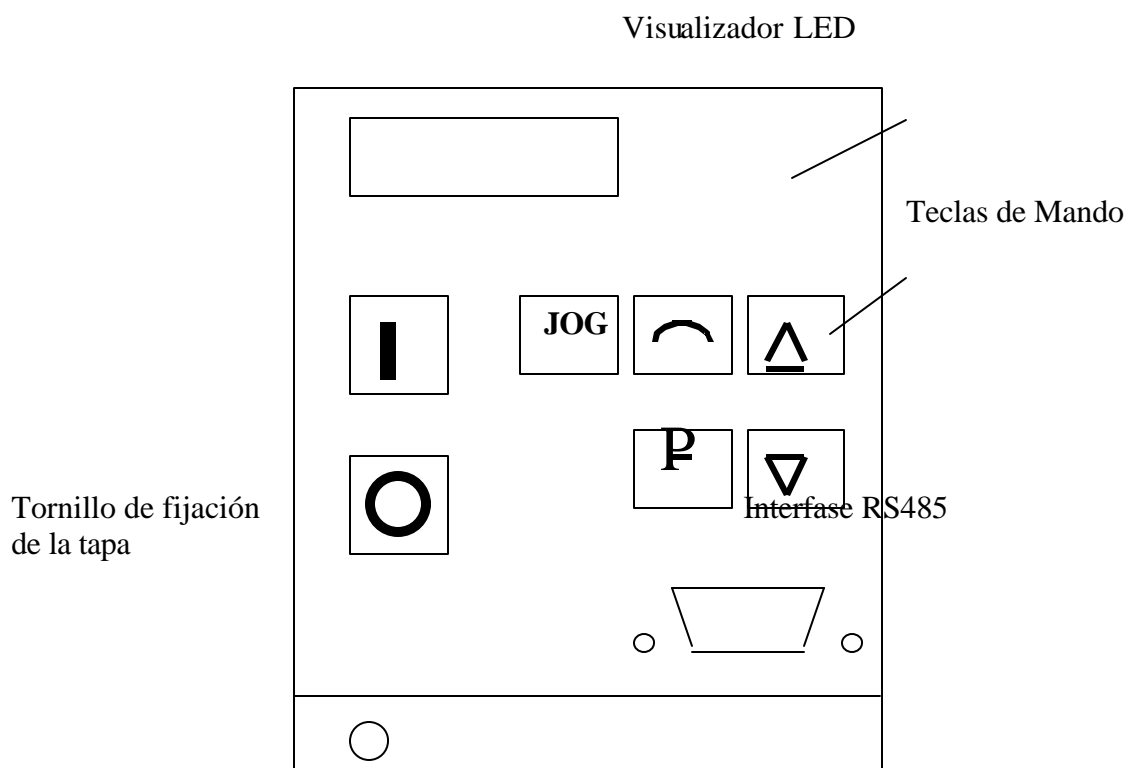
Por motivos de seguridad, de fabrica el convertidor viene con la consigna digital de frecuencia ajustada a 0.0 HZ. De esta forma se evita un arranque involuntario del motor durante la primera puesta en marcha, lo cual podria ser causa de incidentes descontrolados.

Por ello, para que pueda arrancar el motor hay que ajustar una consigna de frecuencia, via el parámetro P000, con la tecla Δ o directamente con el parámetro P005.

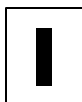
Todos los ajustes deberán ser realizados exclusivamente por personal calificado y observando las advertencias de seguridad y precaución.

Con las tre (3) teclas (P, Δ , ∇), situadas en el panel de mando del convertidor se ajustan todos los parámetros de la Figura que incluye un diagrama de flujo de como proceder para ajustar los valores de los parámetros). Los números y valores de los parámetros se presentan en un visualizador LED de cuatro (4) posiciones.

El interruptor SW1 permite elegir para las entradas analógicas entre señal de tensión (V) o señal de corriente o intensidad (I). Estos interruptores solo son accesibles una vez retirada la tapa.

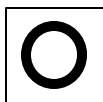


VISTA FRONTAL DEL PANEL DE MANDO FRONTAL

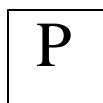


Tecla de marcha pulsarla para arrancar el convertidor.

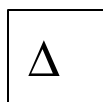
La función de esta tecla puede bloquearse selectivamente ajustando P121=0



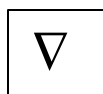
Tecla de paro pulsarla para detener el convertidor



Tecla de parametrización: conmutación entre código de parámetro y valor de parámetro.



Tecla de subir: aumento del código de parámetro, índice de parámetro y valor de parámetro ajustando P124=0 puede bloquearse selectivamente el uso de esta tecla para modificar la frecuencia.



Tecla de bajar: reducción del código de parámetro, índice de parámetro y valor de parámetro.



Tecla de marcha a impulsos (JOG): apretando esta tecla mientras está parado el convertidor reanuda y opera a la frecuencia ajustada. El convertidor se detiene tan pronto como se suelta esta tecla. Si se pulsa esta tecla mientras este funcionando el convertidor, esto no tendría ningún efecto.

Tecla horario/antihorario: pulsarla para cambiar el sentido de rotación del motor. Si está seleccionando antihorario entonces el visualizador presenta un signo menos(-) en el valor visualizado hasta 99.9, o se presenta un punto

decimal intermitente después del dígito de la derecha para valores iguales o superiores a 100.0, por ejemplo: 60.0HZ en giro antihorario



120.0HZ en giro antihorario

Vis LED 4POS: la función de esta tecla puede bloquearse selectivamente ajustando P122=0.

Permite presentar el código del parámetro (P000-P944), el valor del parámetro (000.0-999.9) o el código de fallo (F000-F154).

NOTA: Aunque el visualizador LED solo puede presentar valores de frecuencia con una resolución de 0.1HZ, la resolución puede incrementarse hasta 0.0.1HZ (forma de hacerlo, ver nota [6] en la Figura del procedimiento de ajuste).



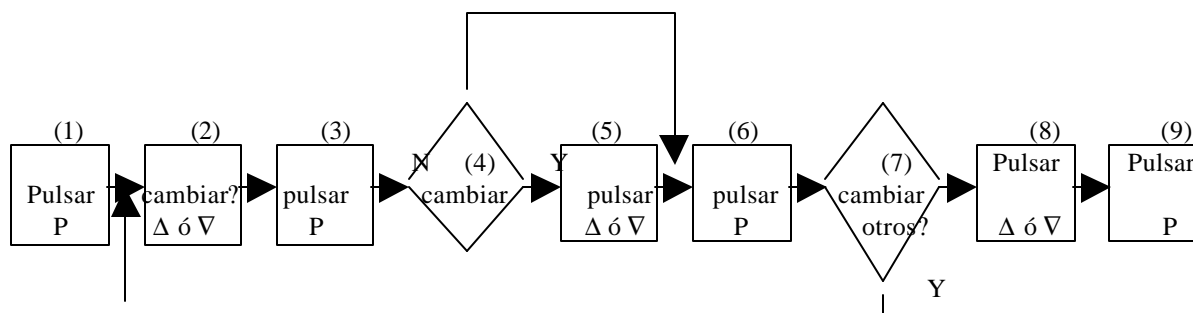
Pin de interfase RS485 contiene nueve (9) pines: su función es la de operador-control.

ASIGNACION DE PINES DE SUB D (X300)

TERMINAL	INFORMACION DE FUNCION
PIN1	X300 Alojamiento a tierra
PIN2	X300 Linea de recibo
PIN3	X300 Linea de envío y recibo, RS485 standar, dos (2) alambres positivos diferenciales; salidas/entradas
PIN4	X300 RTS (envío de petición, cambio de datos, flujo direccional para convertidores de interfases)
PIN5	X300 Referencia de potencial
PIN6	X300 Poder suplementario 5V
PIN7	X300 Envío de linea RS232 (V24)
PIN8	X300 Envío y recibo de linea, RS485 standar dos (2) alambres negativos diferenciales, salidas/entradas
PIN9	X300 Referencia de potencial para RS232 o RS485, interfase (hacia el reactor)

Fuente: Catalogo Siemens Simoverrt

IMPORTANTE: Los parámetros con código superior a P009 no pueden ajustarse hasta que 009 se ajuste a 002 o 003.



MODO DE PROCEDER PARA MODIFICAR VALORES DE PARAMETROS

- (1) El visualizador cambia a P000
- (2) Seleccionar el parámetro a modificar
- (3) Leer el valor del parámetro seleccionado
- (4) Debe modificarse el valor? si si, seguir en (6)
- (5) Aumentar (Δ) o (∇) el valor del parámetro
- (6) Memorizar el nuevo valor (de haberse modificado) y retornar a la visualización de parámetros.

NOTA: para incrementar la resolución a 0.01, al cambiar los parámetros de frecuencia, en lugar de pulsar P momentáneamente para volver a la visualización de parámetros, mantener apretada la tecla, hasta que el visualizador cambie a --,n0 (n=decimas de corriente, por

ejemplo. si el parámetro vale =055.8, entonces $n=8$). Pulsar Δ o ∇ para cambiar el valor (son validos todos los valores comprendidos

entre 00 y 99) y seguidamente usar dos (2) veces P para volver a la visualización de parámetros.

- (7) Deben modificarse otros parámetros? sí si, volver a (2).
- (8) Desplazar hacia arriba o hacia abajo hasta que se presente P944 o P000. Si se desplaza hacia arriba, la visualización se detiene automáticamente en P944. Sin embargo, si se vuelve a pulsar la tecla Δ el display retorna P000.
- (9) Abandonar el modo de ajuste de parámetros y retornar al modo de visualización del estado normal.

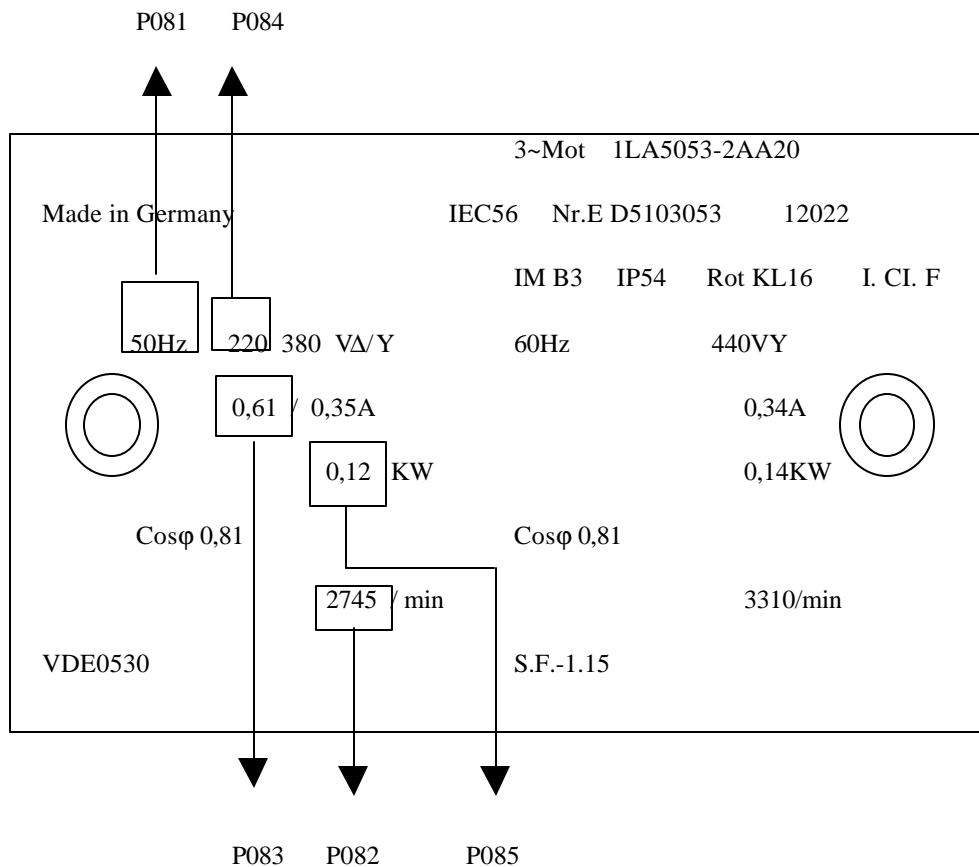
Si se han modificado accidentalmente determinados parámetros, entonces es posible establecer el valor prefijado (por defecto) o standar de todos los parámetros. Para ello ajustar P944 a 1 y seguidamente pulsar P

GENERALIDADES

- (1) El convertidor no incorpora ningún interruptor de red por lo que tan pronto como se conecta la misma queda bajo tensión. El equipo espera, con la salida bloqueada, la pulsación de la tecla marcha o la recepción de la orden de marcha a través del borne 8 (giro horario) o 9 (giro antihorario), ver parámetros P051-P055(2) Si se ha seleccionado como variable a visualizar la frecuencia de salida ($P001=0$), entonces cuando está parado el

convertidor el valor de consigna se visualiza a intervalos de aproximadamente 1.5 segundos.

- (3) El convertidor viene programado de fábrica para aplicaciones standar con motores normalizados de cuatro (4) polos de Siemens. En el caso de utilizarse otros motores, entonces es necesario ajustar en los parámetros P081 a P085 los datos contenidos en la placa de características del motor (ver la figura correspondiente a la placa). Considerar que estos parámetros solo son accesibles cuando P009 se haya ajustado a 002 o 003



EJEMPLO DE LA PLACA CARACTERISTICA DE UN MOTOR

NOTA: Asegurarse de que el motor ha sido dimensionado correctamente, es decir, en el presente ejemplo para la conexión a 220V.

- (4) De fábrica, la consigna de frecuencia viene ajustada a 0.00Hz; esto significa que no gira el motor, para que pueda arrancar el motor es necesario prescribir un valor de consigna, bien con la tecla Δ o introduciendo un valor numerico en P005
- (5) Tan pronto como se ajusta un valor de parámetro, este se almacena automáticamente en la memoria interna.

PUESTA EN FUNCIONAMIENTO BASICA

La forma más elemental de poner en funcionamiento el convertidor se describe a continuación. Este método utiliza consigna de frecuencia digital y requiere cambiar un número mínimo de parámetros de los valores prefijados o por defecto.

- (1) Conectar la red al convertidor. Ajustar el parámetro P009 a 002 o 003 para desbloquear todos los parámetros ajustables (ver Figura para el método a seguir).
- (2) Ajustar el parámetro P005 a la consigna de frecuencia deseada.
- (3) Controlar los parámetros P081 a P085 y asegurarse de que sean adecuados para cumplir los requerimientos especificados en la placa de características del motor (ver Figura correspondiente).

(4) Pulsar la tecla marcha (I) en el panel de mando del convertidor. Con ello el convertidor alimentara el motor con la frecuencia ajustada en P005.

De ser necesario la velocidad del motor (es decir, la frecuencia de alimentación) puede modificarse con ayuda de las teclas $\Delta \nabla$. (ajustar P011 a 001 para permitir memorizar el nuevo ajuste de frecuencia cuando el convertidor este desconectado).

FUNCIONAMIENTO MANDO DIGITAL

Para una configuración básica de mando con señales digitales, proceder de la forma siguiente:

- (1) Puentea los bornes de mando 7 y 8 con un simple interruptor CON/DES. Con ello se ajusta el convertidor para giro horario (ajuste prefijado).
- (2) Colocar nuevamente la tapa y aplicar la tensión de la red al convertidor. Ajustar el parámetro P009 a 002 u 003 a fin de permitir el ajuste de todos los parámetros (forma de proceder Figura de ajuste de parametros).
- (3) Controlar que el parámetro P006 este ajustado a 000 para prescribir con signa digital.
- (4) Ajustar P007 a 001 para especificar la entrada digital (DIN1 (borne 8) en este caso) y bloquear las teclas del panel de mando.
- (5) Ajustar en el parámetro P005 la consigna de frecuencia deseada.

- (6) Ajustar los parámetros P081 a P085 de acuerdo a los datos de la placa de características del motor.
- (7) Llevar el interruptor externo a la posición CON. Con ello el convertidor alimenta el motor con la frecuencia ajustada en P005.

De ser necesario la velocidad del motor (es decir, la frecuencia de alimentación) puede modificarse con ayuda de las teclas ΔV . (ajustar P011 a 001 para permitir memorizar el nuevo ajuste de frecuencia cuando el convertidor se desconecte de la red).

FUNCIONAMIENTO MANDO ANALOGICO

Para una configuración básica de mando con señales analógicas, proceder de la forma siguiente:

- (1) Puentear los bornes de mando con un simple interruptor CON/DES. Con ello se ajusta el convertidor para giro horario (ajuste prefijado).
- (2) Conectar como se indica en la figura de conexiones .un potenciómetro de $4.7K\Omega$ en los bornes correspondientes o aplicar una señal de 0-10V entre los bornes 2 (0V) y 3.
- (3) Ajustar el interruptor SW1 en la placa del circuito impreso para entrada de tensión (V).

- (4) Colocar nuevamente la tapa y aplicar la tensión de red al convertidor. Ajustar el parámetro P009 a 002 u 003 a fin de permitir el ajuste de todos los parámetros (figura de forma de ajustar parametros).
- (5) Ajustar el parámetro P006 a 001 para prescribir consigna analógica.
- (6) Ajustar los parámetros P021 y P022 para que representen la frecuencia de salida más baja y más alta.
- (7) Ajustar los parámetros P081 a P085 de acuerdo a los datos de la placa de características del motor (ver figura correspondiente a la placa del motor).
- (8) Llevar el interruptor externo a la posición CON. Mover el potenciómetro (o cambiar el nivel de la señal de mando analógica de forma que en el convertidor se visualice la frecuencia deseada).

PARADA DEL MOTOR

Existen diferentes modalidades de parada:

- Reduciendo la frecuencia progresivamente hasta 0.0Hz (con la tecla ∇ va reduciéndose la consigna hasta 0.0 lo que permite una parada lenta y controlada del motor).
- Si se anula la orden marcha o se pulsa la tecla PARO (O) en el panel frontal de mando hace que el convertidor decelere con la velocidad de desaceleración seleccionada (ver parámetro P003).

- Si se pulsa PARO2 (OFF2), el motor se desconecta inmediatamente y gira por inercia hasta que se para (ver parámetros P051 a P055).
- Pulsando el PARO3 (OFF3) se produce un frenado rápido (ver parámetros P051 a P055).
- Frenado por inyección de corriente continua hasta de 250%, lo cual produce una parada brusca cuando se retira la orden marcha (ver parámetro P073).
- Frenado con resistencia (ver parámetro P075).

CASO DE QUE EL MOTOR NO ARRANQUE

Si después de la orden de marcha no ha arrancado el motor, comprobar si se ha ajustado una consigna de frecuencia en P005 y se han introducido correctamente los datos del motor en los parámetros P081 a P085.

Si el convertidor a sido configurado para la operación vía el panel frontal (P007=001) y el motor no arranca cuando se pulsa la tecla marcha, comprobar que P121=001 (tecla marcha desbloqueada).

Si debido a un desajuste accidental de algunos parámetros no es posible arrancar el motor, reinicializar el convertidor con los valores prefijados en fábrica ajustando el parámetro P944 a 1 y seguidamente pulsando P.

MANDO LOCAL Y MANDO A DISTANCIA

El convertidor puede controlarse bien de forma local a través de las teclas de mando o a distancia a través de una línea de datos USS conectada en los terminales internos de interfase (13 y 14) o en el conector externo RS485D situado en el panel de mando.

Si se ha seleccionado mando local, el convertidor solo puede controlarse via el panel o los bornes de mando. No tienen ningún efecto las señales de mando, valores de consigna o cambios de parámetros transmitidos a través del interfase RS485.

En el caso de mando a distancia, el interfase serie ha sido designado para conexión a dos (2) hilos y transmisión bidireccional. Son posibles tres (3) métodos de mando a distancia, dependiendo del ajuste del parámetro P910 (ver parámetro P910).

NOTA: solo se permite utilizar una conexión RS485; es decir, o bien el conector tipo D situado en el panel de mando o los bornes 13 y 14, pero no ambos.

Cuando se opera con mando a distancia, el convertidor no reacciona frente a señales de mando aplicadas en sus bornes. excepción: PARO2 o PARO3 pueden activarse a través de los parámetros P051 a P055 (ver parámetros P051 a P055).

Desde una unidad de control externa es posible gobernar simultáneamente diferentes convertidores, a los que se puede acceder de forma separada.

NOTA: si el convertidor se ha ajustado para mando vía el interfase serie y el motor no arranca al aplicar la orden marcha, entonces deberán permutarse las conexiones en los bornes 13 y 14.

PARAMETROS DEL SISTEMA

Para ajustar el comportamiento deseado del convertidor, los parámetros tales como tiempo de aceleración, frecuencia mínima y máxima, etc. Pueden ajustarse y modificarse con ayuda de las teclas. En el visulizador LED se presenta el código del parámetro seleccionado así como su valor.

NOTA: al pulsar brevemente ΔV se modifican paso a paso los valores. Si se mantienen apretadas las teclas, los valores se modifican rápidamente.

El acceso a los parámetros queda habilitado por el valor ajustado en P009. Controlar si deben programarse determinadas claves para proteger ciertos parámetros de su aplicación.

Alternativas para el parámetro P009:

0 = Solo es posible leer y ajustar los parámetros P001 a P009

1 = Es posible ajustar los parámetros P001 a P009; los restantes solo pueden leerse.

2 = Es posible ajustar todos los parámetros, pero P009 se pone automáticamente a 0 cuando se desconecte la próxima vez el convertidor.

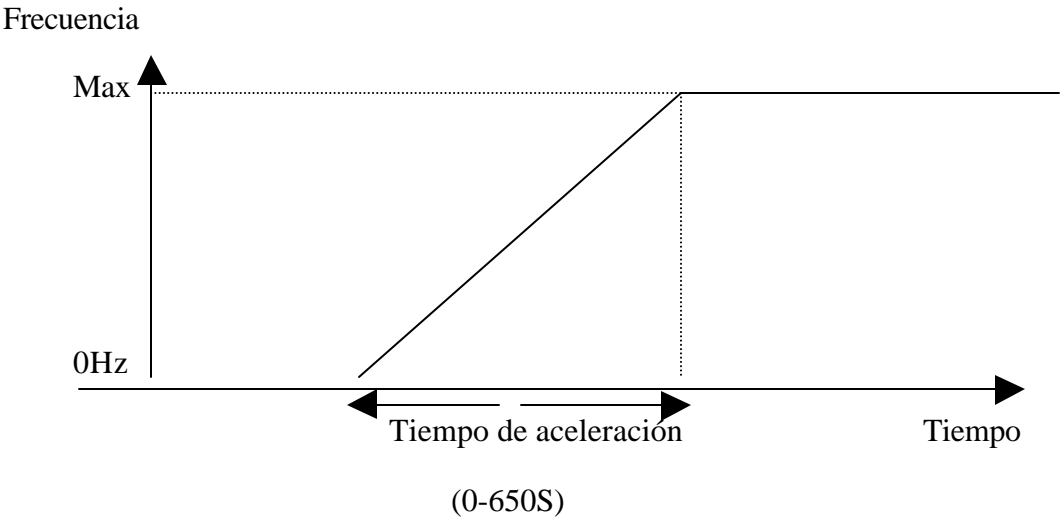
3 = Todos los parámetros pueden ajustarse en cualquier momento.

NOTA: en las listas de parámetros siguientes, estos símbolos significan:

- Este parámetro puede modificarse durante el funcionamiento.

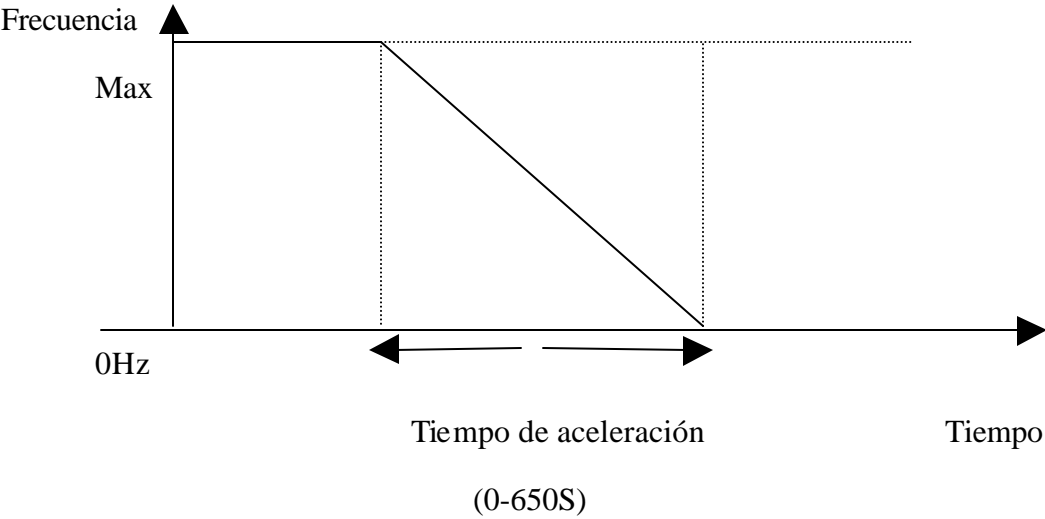
Los valores ajustados en fábrica dependen de los datos nominales del convertidor.

Parámetro	Función	Margen (ajuste fab)	Descripción/observaciones
P000	Visualización de estado	-	Se visualiza el valor seleccionado en P001. Si aparece un fallo, se visualiza su código asociado P000 (ver capítulo No. 9). Cuando aparece una alarma parpadea el visualizador. Si se ha seleccionado la visualización de la frecuencia de salida (P001=0), entonces, cuando está parado el convertidor cada apróx 1.5 seg. se visualiza el valor de consigna correspondiente
P001 •	Selección del valor a visualizar	0-6 (0)	Alternativas. 0=frecuencia de salida. 1=consigna de frecuencia (es decir, velocidad ajustada del motor) 2=corriente al motor 3=tensión en circuito intermedio 4=par (torque) del motor (porcentaje nominal) 5=velocidad en rev/min del motor 6=estado USS
P002 •	Tiempo de aceleración (segundos)	0-650,0 (10.0)	Tiempo que se necesita para acelerar un motor del estado de parada hasta la frecuencia máxima ajustada en P013. Si se ajusta un tiempo de aceleración demasiado corto, puede desconectarse (dispararse) el convertidor (código de fallo F002). Ver grafica



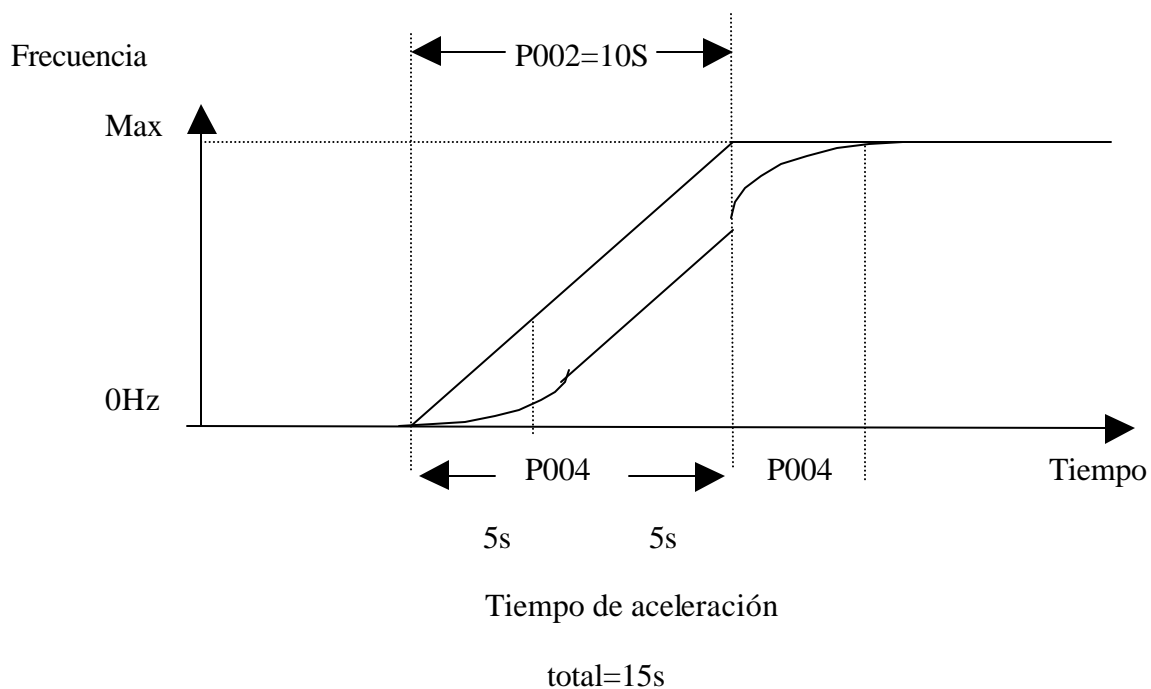
TIEMPO DE ACELERACION

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(ajuste Fab)	
P003 ●	Tiempo de deceleración segundos	0-650.0 (10.0)	Es el tiempo necesario para decelerar el motor de la frecuencia máxima (P013) a la parada. Si se ajusta un tiempo de deceleración demasiado corto puede desconectarse el convertidor (código de fallo F001) Ver Figura



TIEMPO DE DECELERACION

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(ajuste fab)	
P004 ●	Redondeo de rampa segundos	0-40.0 (0.0)	Se utiliza para suavizar la aceleración del motor (util para aplicaciones que exigen un funcionamiento sin tirones por ejemplo cintas transportadoras, máquinas textiles, etc). Ver figura



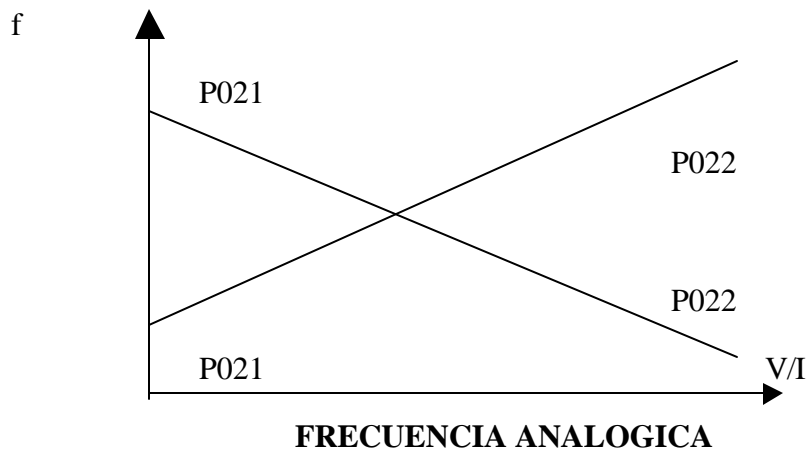
REDONDEO DE RAMPA

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(Ajuste Fab)	
P005 ●	Consigna de frecuencia digital	0-650.00	Especifica la velocidad a la que girará el motor en caso de mando digital solo actúa

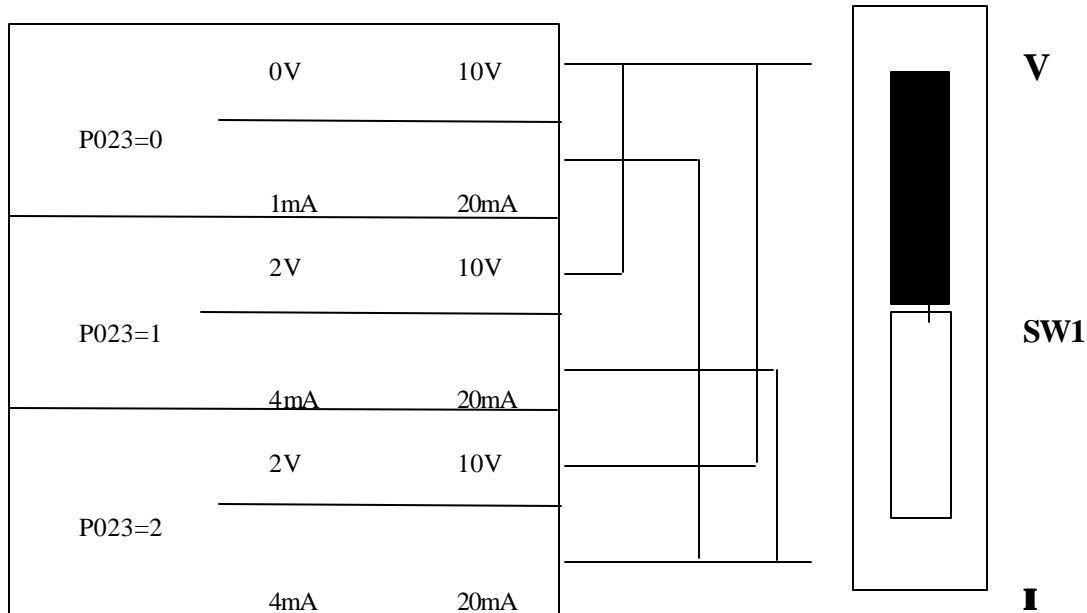
		si P006 está ajustado a "0"	
	(Hz)	(0.00)	
Parámetro	Función	Margen (Ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P006	Tipo de consigna de frecuencia.	0-2	Determina el modo de mando del convertidor
		(0)	0=digita. El convertidor opera con la frecuencia ajustada en P005 esta puede ajustarse con las teclas ΔV
			1=mando analógico vía señal de entrada analógica 2=frecuencia prefija o potenciómetro motorizado, dependiendo de la parametrización de las entradas binarias (P051-P055) NOTA: Si P006=1 y el convertidor se ha ajustado para mando a distancia, entonces permanecen activadas las entradas analógicas.
P007	Bloqueo/desbloqueo de las teclas en el panel de mando.	0-1	0=teclas de panel frontal bloqueadas (definido por el ajuste de los parámetros P121-P124). El convertidor se manda a través de las entradas digitales.
		(1)	1=teclas de panel frontal desbloqueadas
P009 ●	Parámetros protegidos	0-3	Permite definir que parámetros pueden modificarse:
		(0)	0=solo pueden leerse/ajustarse los parámetros P001 a P009
			1=solo pueden ajustarse los parámetros P001 a P009, los restantes solo pueden leerse 2=puede leerse/ajustarse todos los parámetros, pero al desconectar, P009 vuelve automáticamente a cero (0) 3= puede leerse/ajustarse todos los parámetros
P011	Memorización no volátil de la consigna de frecuencia	0-1	0=no actúa
		(0)	1=actúa tras desconectar, los cambios de consigna realizados con las teclas ΔV se mantiene memorizados aunque se desconecte el convertidor

P012 ●	Frecuencia mínima del motor	0-650.00 (0.00)	Especifica la frecuencia mínima del motor
Parámetro	Función	Margen (Ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P013 ●	Frecuencia máxima del motor (Hz)	0-650.00 (50.00)	Especifica la frecuencia máxima del motor
P014 ●	Frecuencia inhibida 1 (Hz)	0-650.00 (0.00)	Este parámetro permite ajustar una frecuencia al rededor de la que, para evitar los efectos de resonancia en el accionamiento, se inhibe una banda de ± 2 Hz en esta banda no es posible régimen estacionario, solo se pasa por ella al acelerar o decelerar
P015 ●	Rearranque automático	0-1 (0)	Si este parámetro está ajustado a (1) entonces el convertidor puede rearmar automáticamente al reestablecerse la red, siempre que este aún cerrado el interruptor “marcha/paro” 0=no actúa 1=rearmar automático
P016 ●	Rearranque volante	0-2 (0)	Permite conectar el convertidor a un motor que se encuentra girando. Bajo condiciones normales, el convertidor acelera un motor partiendo de 0Hz. Sin embargo, si el motor está aún girando movido por la carga, entonces antes de decelerar hasta la consigna se efectúa un frenado que puede provocar el disparo por sobrecorriente. En cambio, si se utiliza el rearmar volante, el convertidor se ajusta en primer lugar a la velocidad del motor y acelera hasta la consigna a partir de dicha velocidad. (NOTA: si el motor se ha parado o está girando lentamente pudiera darse el caso que el motor efectúe un extraño cuando el convertidor calcule el sentido de giro del motor antes de realizar el arranque volante). 0=rearmar normal. 1=rearmar volante tras marcha, fallo o tras PARO2 (si P018=1) 2=rearmar volante siempre activo (conviene utilizarlo siempre que el motor pueda ser movido por la carga)

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P017	Modo de redondeo de rampa	0-1 (0)	0=redondeo continuo (como definido en P004) 1=redondeo discontinuo (es decir, el redondeo se suspende cuando se detecta una reducción de frecuencia) NOTA: para que tenga eficacia esta función, el parámetro P004 deberá estar ajustado a un valor >0.0
P018	Rearranque automático tras fallo	0-1 (0)	Rearranque automático tras fallo: 0=no actúa 1=tras un fallo, el convertidor intenta rearmar hasta 5 veces sino se ha eliminado el fallo tras el quinto intento, entonces el convertidor permanece en estado de fallo.
P021 •	Frecuencia analógica (Hz) mínima	0-650.00 (0.00)	La frecuencia correspondiente al valor analógico de entrada menor, es decir 0V/0mA o 2V/4mA conforme a P023. Este parámetro puede ajustarse a un valor superior al de P022 a fin de lograr una dependencia recíproca entre la señal de entrada analógica y la frecuencia de salida. ver figura No. 20
P022 •	Frecuencia analógica (Hz) máxima	0-650.00 (50.00)	La frecuencia correspondiente al valor de entrada mayor, es decir 10V o 20mA conforma a P023. Este parámetro puede ajustarse a un valor inferior al de P021 a fin de lograr una dependencia recíproca entre la señal de entrada analógica y la frecuencia de salida



Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(ajuste Fab)	
P023 ●	Tipo de entrada analógica	0-2 (0)	Define el tipo de entrada analógica dependiendo de la posición del interruptor SW1



ENTRADA ANALOGICA

- El convertidor separa de forma controlada si $V < 1V$ o $I < 2mA$

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(ajuste Fab)	
P024 ●	Adición de consigna analógica	0-1 (0)	<p>Si el convertidor se encuentra en el modo con frecuencia prefijada o potenciómetro motorizado (P006=2), entonces el ajuste a “1” de este parámetro permite adicionar la consigna por la entrada analógica.</p> <p>0=no hay suma</p> <p>1=la consigna analógica se adiciona a la frecuencia prefijada o a la frecuencia del potenciómetro motorizado.</p> <p>NOTA: seleccionando la combinación de ajuste de la frecuencia fija negativa invertida y de adición de señal de consigna analógica es posible configurar el</p>

convertidor para operar con “0” en el centro con una señal de $\pm 5V$ o potenciómetro con señal 0-10V. De esta forma es posible situar una frecuencia de salida de 0Hz en el centro de la escala

P025	Salida analógica	0-105	Selección de la indicación o visualización		
		(0)	0-20mA	4-20mA	
		0	100	Frecuencia de salida	
		1	101	Consigan de frecuencia	
				(velocidad a la que se ajusta el convertidor)	
		2	102	Corriente en el motor	
		3	103	Tensión en circuito intermedio de CC	
		4	104	Par del motor	
		5	105	Velocidad del motor	

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P031 ●	Frecuencia para marcha por impulsos (JOG) en giro horario (Hz)	0-650.00 (5.00)	<p>La marcha por impulsos (JOG) se utiliza para que el motor gire paso a paso mientras que se aplique una señal procedente de un pulsador en una de las entradas digitales (P051 a P055).</p> <p>Si está activada marcha por impulsos con giro horario (DINn=7); entonces este parámetro gobierna la frecuencia con la que funciona el convertidor cuando está cerrado el contacto del pulsador. Al contrario de lo que ocurre de las restantes consignas, este parámetro puede ajustarse más bajo que la frecuencia mínima.</p>
P032 ●	Frecuencia para marcha por impulsos (JOG) en giro antihorario (Hz)	0-650.00 (5.00)	Si está activada marcha por impulsos con giro antihorario (DINn=8), entonces este parámetro gobierna la frecuencia con la que funciona el

convertidor cuando está cerrado el contacto del pulsador. Al contrario de lo que ocurre con las restantes consignas, este parámetro puede ajustarse más bajo que la frecuencia mínima.

P033 ●	Tiempo de aceleración para marcha por impulsos (JOG) (segundos)	0-650.00 (10.0)	En él marcha por impulsos, tiempos necesarios para acelerar de 0Hz a la frecuencia máxima (P013). No se trata del tiempo de aceleración desde la frecuencia de marcha por impulsos a 0Hz.
P034 ●	Tiempo de aceleración para marcha por impulsos (JOG) (segundos)	0-650.00 (10.0)	En él marcha por impulsos, tiempos necesarios para decelerar de 0Hz a la frecuencia máxima (P013). No se trata del tiempo de deceleración desde 0Hz a la frecuencia de marcha por impulsos.
P041 ●	Primera frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (5.00)	Válida si se selecciona modo digital y P055=6
P042 ●	Segunda frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (10.00)	Válida si se selecciona modo digital y P054=6
P043 ●	Tercera frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (20.00)	Válida si se selecciona modo digital y P053=6
P044 ●	Cuarta frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (40.00)	Válida si se selecciona modo digital y P052=6
Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P045 ●	Inversión de las consignas fijas para las frecuencias prefijadas 1-4	0-7 (0)	Especifica el sentido de giro para las frecuencias prefijadas. Ver tabla

INVERSION DE LAS CONSIGNAS FIJAS PARA LAS FRECUENCIAS PREFIJADAS 1-4

	FF1	FF2	FF3	FF4
P045=0	⇒	⇒	⇒	⇒
P045=1	⇐	⇒	⇒	⇒

P045=2	⇒	⇐	⇒	⇒
P045=3	⇒	⇒	⇐	⇒
P045=4	⇒	⇒	⇒	⇐
P045=5	⇐	⇐	⇒	⇒
P045=6	⇐	⇐	⇐	⇒
P045=7	⇐	⇐	⇐	⇐

Fuente: Siemens PLC 1995

⇒ Consigna frecuencia prefijada no invertida

⇒ Consigna frecuencia prefijada invertida.

Función		Margen	Descripción/observaciones
Parámetr		(ajuste Fab)	
P046●	Quinta frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (0.00)	Válida si se selecciona modo digital y P053 o P054 o P055=17
P047●	Sexta frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (0.00)	Válida si se selecciona modo digital y P053 o P054 o P055=17
P048●	Séptima frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (0.00)	Válida si se selecciona modo digital y P053 o P054 o P055=17
P049●	Octava frecuencia prefijada (Hz)	0-650.00 (0.00)	Válida si se selecciona modo digital y P053 o P054 o P055=17
P050	Inversión de las consignas fijas para las frecuencias prefijadas 5-8	0-7 (0)	Especifica el sentido de giro de las frecuencias prefijadas. Ver tabla No. 10

INVERSION DE LAS CONSIGNAS FIJAS PARA LAS FRECUENCIAS PREFIJADAS 5-8

	FF5	FF6	FF7	FF8
P050=0	⇒		⇒	⇒
P050=1	⇐		⇒	⇒
P050=2	⇒	⇐	⇒	⇒
P050=3	⇒	⇒	⇐	⇒
P050=4	⇒	⇒	⇒	⇐
P050=5	⇐	⇐	⇒	⇒
P050=6	⇐	⇐	⇐	⇒
P050=7	⇐	⇐	⇐	⇐

Fuente: Siemens PLC 1995

⇒ Consigna frecuencia prefijada no invertida

⇐ Consigna frecuencia prefijada invertida

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P051	Selección de la función de mando DIN1 (borne8)	0-17 (1)	Valor Función de P051 a P055 Función en estado Low Función en estado High
P052	Selección de la función de mando DIN2 (borne9), frecuencia Prefij. 4	0-17 (2)	0 Entrada inoperante - -
		1	Marcha Horario Paro Marcho Hor
		2	Marcha antihorario Paro Marcha antihorario

P053	Selección de la función de mando DIN3 (borne10), frecuencia prefijada 3. Si está ajustado a 17, esto desbloquea el bit más significativo del código BCD de 3 bits (ver Tabla No. 11)	0-17 (6)	3	Inversión	Normal	Invertido
			4	PARO2	PARO2	Marcha
			5	PARO3	PARO3	Marcha
			6	Frecuencias fijas	Des	Con
			7	Marcha impulsos horario	Des	Marcha impulsos horario
			8	Marcha impulsos antihorario	Des	Marcha impulsos antihorario
P054	Selección de la función de mando DIN4 (borne11), frecuencia prefijada 2. Si está ajustado a 17, esto desbloquea el bit central del código BCD de 3 bits (ver Tabla)	0-17 (6)	9	Mando a dist	Local	A distancia
			10	borrar código de fallo	Des	Borran Con flanco cresc
			11	Subir Frec	Des	Subir
			12	Bajar Frec	Des	Bajar
			13	Bloquear entrada analógica (consigna =0.0Hz)	Análoga	Análoga Bloqueada
					Con	
P055	Selección de la función de mando DIN5 (borne12), frecuencia prefijada 1. Si está ajustado a 17, esto desbloquea el bit menos significativo del código BCD de 3 dit (ver Tabla No. 11)	0-17 (6)	14	Bloquear tecla P	P activa	P pasiva
			15	Activar freno C continua	Des	Freno Con
			16	Utilizar rampas	Normal	Rampas marcha

	marcha impulsos en lugar de rampas normales		impulso
17	Control de la frecuencia fija en binario (frec . prefijadas 5- 8)	Des	Con

CODIFICACION DE LAS FRECUENCIAS FIJAS EN BINARIO

	DIN3 (P053)	DIN4 (P054)	DIN5(P055)
FF5(P046)	0	0	0
FF6(P047)	0	0	1
FF7(P048)	0	1	0
FF8(P049)	0	1	1
FF1(P041)	1	0	0
FF2(P042)	1	0	1
FF3(P043)	1	1	0
FF4(P044)	1	1	1

Fuente: Siemens PLC 1995

NOTA: si P051 y P052=6 siendo P053 o P054 o P055=17 entonces se suman los valores de consigna.

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P056	Tiempo de supresión de rebote en entradas digitales	0-2	0=12.5ms

		(0)	1=7.5ms 2=2.5ms Tiempo de respuesta en entrada digital (supresión rebote +7.5ms)
P061	Selección de la función de salida de relé RL1	0-11 (6)	(Ver tabla)

SELECCION DE LA FUNCION DE LA SALIDA DE RELE RL1

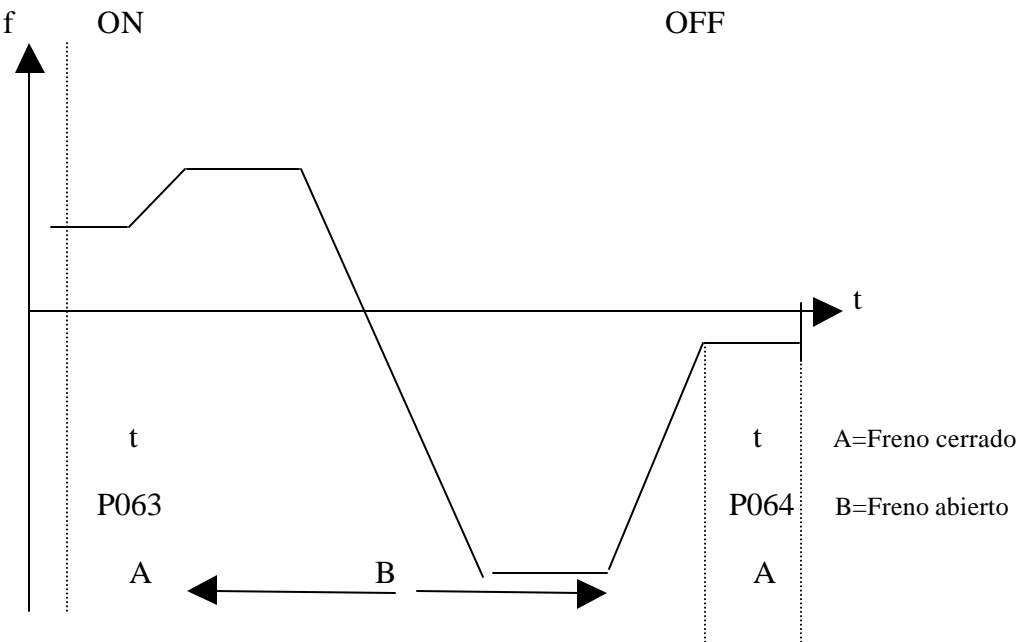
Valor	Función del Relé	Activación
0	Relé sin función, no actúa	LOW
1	Convertidor funcionando	HIGH
2	Frecuencia del convertidor 0.0Hz	LOW
3	Sentido de giro del motor horario	HIGH
4	Freno activado (ver parámetro P063/P064)	LOW
5	Frecuencia convertidor inferior o igual a frecuencia mínima	LOW
6	Señalización de fallo	LOW
7	Frecuencia convert. mayor/igual a frec. de consigna	HIGH
8	Señalización de alarma	LOW
9	Corriente de salida mayor o igual a P065	HIGH
10	Corriente límite en el motor (alarma)	LOW
11	Sobre temperatura motor (alarma)	LOW

Fuente: Siemens PLC 1995

NOTA: activa con LOW= relé desexcitado

activa con HIGH= relé excitado

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
(ajuste Fab)			
P062	Selección de la función de la salida del relé RL2	0-11 (8)	Especifica la función de salida de relé RL2 (bornes 19/20) (ver tabla No. 12)
P063	Retardo de habilitación de freno externo (segundos)	0-20.0 (1.0)	Solo actúa si el relé de salida ha sido ajustado para mandar un freno externo (P061=4). En este caso, tras la orden de marcha, el convertidor opera con frecuencia mínima durante el tiempo especificado en este parámetro, antes de habilitar el relé de mando del freno y comenzar la aceleración. (ver figura No. 22).
P064	Tiempo de paro con freno externo (segundos)	0-20.0 (1.0)	Al igual que P063, este parámetro solo actúa si el relé se utiliza para mandar un freno externo. Este parámetro especifica el tiempo durante el cual el motor continúa operando a la frecuencia mínima tras la deceleración y activación del freno externo



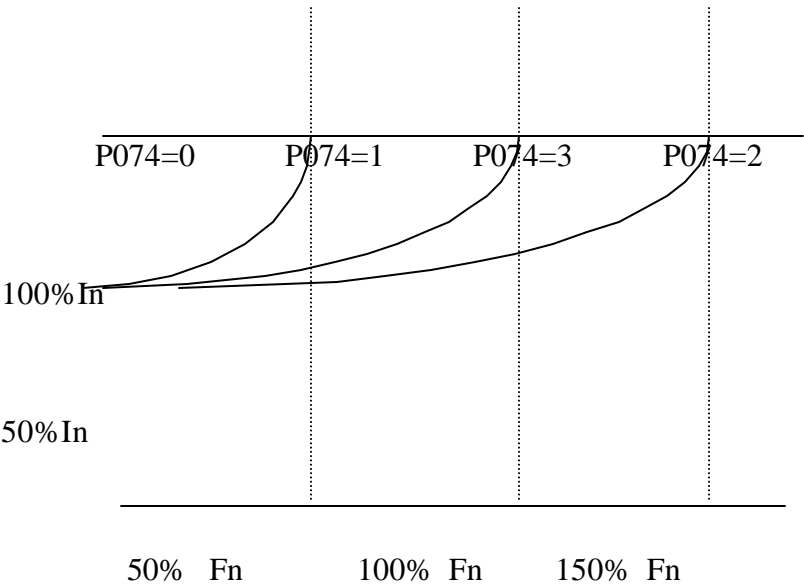
TIEMPO DE PARO CON FRENO EXTERNO (SEGUNDOS)

NOTAS:

- (1) P063 y P064 se ajustarán a valores un poco más largos de los tiempos realmente necesarios para cerrar o abrir el freno externo
- (2) Si P063 o P064 se ajustan a un valor excesivo, particularmente si P012 se ha ajustado a un valor alto, esto puede provocar alarma o disparo por sobrecorriente ya que el convertidor alimenta un motor cuyo eje está retenido por el freno.

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
(ajuste Fab)			
P065	Umbral de corriente para señalización por relé (A)	0-99.9 (0.0)	Este parámetro opera cuando se utiliza la opción 9 para relé de salida (P061). El relé se activa cuando la corriente en el motor superan el valor de P065; se desactiva cuando la corriente baja del 90% del valor ajustado en P065 (histéresis).
P071 ●	Compensación de deslizamiento (%)	0-200 (0)	El convertidor puede calcular y compensar el valor del deslizamiento de un motor asíncrono. Elevando la frecuencia de salida puede así mantener constante la velocidad bajo carga “ajuste en fino” de la compensación en el margen de 0-200% del valor estimado nominal del convertidor para adaptación al motor respectivo PRECAUCION: si el convertidor alimenta a un motor síncrono o varios motores en paralelo (accionamiento polimotórico), este parámetro deberá ajustarse a cero (0).
P072 ●	Limitación de deslizamiento (%)	0-500 (250)	Este parámetro limita el deslizamiento del motor para evitar su “desenganche” del campo giratorio lo que puede ocurrir cuando crezca demasiado el deslizamiento. cuando se alcanza el límite de deslizamiento, el convertidor va reduciendo la frecuencia hasta que el deslizamiento vuelve a adoptar valores aceptables.

Parámetro	Función	Margen	Descripción/observaciones
		(ajuste Fab)	
P074 ●	Curva de reducción de potencia en motor como protección de sobretemperatura	0-3 (0)	Los motores autoventilados suelen recalentarse a baja velocidad ya que manteniéndose constante la corriente (y con ello el calor generado) el motor no puede disipar más que un 25% del calor debido a que el ventilador gira demasiado lento. Por ello puede ser necesario reducir con ayuda de este parámetro la potencia continua de un motor autoventilado a bajas velocidades. Son posibles las curvas de la Figura No. 23 de reducción para el cálculo interno de I^2t .



CURVA REDUCCION DE POTENCIA EN MOTOR COMO PROTECCION DE SOBRETEMPLATURA

In= Corriente nominal motor (P083)

Fn= Frecuencia nominal motor (P081)

0= Sin reducción. Se utiliza para motores con refrigeración forzada o que no precisan refrigeración con ventilador propio y que por ello disipan la misma cantidad de calor con independencia de la velocidad.

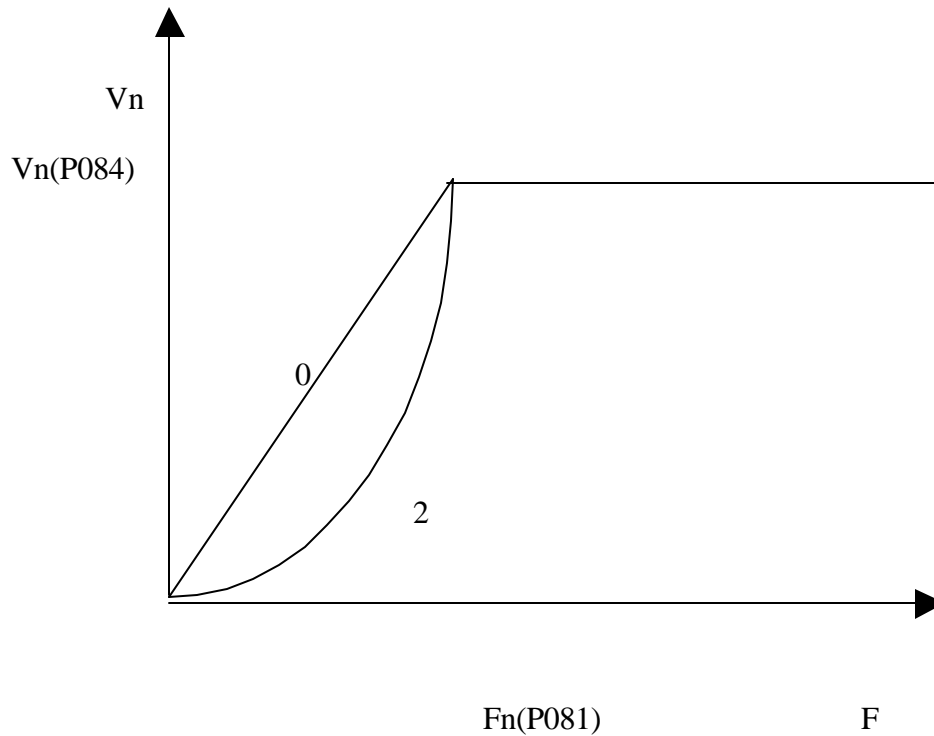
1= Adecuado en general para motores de dos (2) polos que tienen una buena refrigeración debido a que giran más rápido. El convertidor parte del supuesto del que $\geq 50\%$ de la frecuencia nominal, el motor puede disipar toda la potencia.

2= Este ajuste se utilizará cuando el motor este aún demasiado caliente habiéndose ajustado P074 a “3”.

3= Adecuado para la mayoría de los motores que entregan la potencia nominal plena a $\geq 100\%$ de frecuencia nominal.

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P075 ●	Resistencia de freno (Ω)	0/50-250 (0)	<p>Para transferir al exterior el calor disipado en el motor al frenar puede utilizarse una resistencia de freno externa. Esto permite frenar de forma mucho más favorable. Una resistencia de este tipo no debe ser inferior a 50Ω ya que si no se daña el convertidor . Se recomienda utilizar la resistencia de 200Ω fabricada para este fin (suministrable como accesorios). Si se utiliza una resistencia “convencional”, esta puede destruirse ya que el convertidor pulsa la corriente hacia ella.</p> <p>Sino se necesita resistencia de freno externa, entonces ajustar P075 a 0</p>

Parámetro	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P076 ●	Frecuencia de pulsación	0-10	<p>Este parámetro fija la frecuencia de pulsación, de 2.44 a 16 KHZ, así como los tipos de modulación PWM para tensión de salida (PWM=modulación por ancho de impulsos). Si no es imprescindible un funcionamiento silencioso, seleccionando una frecuencia de pulsación baja es posible reducir las pérdidas tanto en el convertidor como en el motor así como las perturbaciones radioeléctricas.</p> <p>Los modos de modulación 1 y 2 han sido combinados y son ahora seleccionados automáticamente por el convertidor. El modo 3 varía la frecuencia de pulsación a fin de evitar resonancias y de reducir ruidos en el motor.</p> <p>0/1=16KHZ 8=8-16KHZ modulation mode 3</p> <p>2/3=8KHZ 9=4-8KHZ modulation mode 3</p> <p>4/5=4KHZ 10=2.44-4KHZ modulation mode 3</p> <p>6/7=2.44kHz</p> <p>NOTA: en caso de P076=0/1, a frecuencias inferiores a 10Hz se reduce la precisión de la corriente indicada en el visualizador.</p>
		(0)	
P077	Modo de control	0-2	<p>Define la relación entre la velocidad en el motor y la tensión suministrada por el convertidor. Puede seleccionarse uno de los tres modos siguientes:</p> <p>0=característica tensión-frecuencia lineal. Esta curva se utilizará para motores síncronos y para alimentar varios motores en paralelo (accionamiento polimotorico).</p> <p>1=control de corriente de campo (FCC); en este modo el convertidor calcula en tiempo real, utilizando un modelo del motor, la tensión necesaria. De esta forma, el motor puede operar con la corriente magnetizante optima para cada estado.</p> <p>2=característica tensión-frecuencia cuadrática adecuado para bombas y ventiladores (soplantes). Ver figura</p>
		(1)	



MODO DE CONTROL

Parámetr	Función	Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P078 ●	Elevación permanente de corriente (sobre par) (%)	0-250 (100)	<p>Operar continuamente sobre todo el rango de frecuencias. Para algunas aplicaciones es necesario aumentar el par a frecuencias bajas. Este parámetro fija la corriente de arranque a 0Hz a fin de ajustar el par a frecuencias bajas. Margen: 0-250% de la corriente nominal del motor</p> <p>PRECAUCION: si se ajusta demasiado alto P078 puede sobrecalentarse el motor.</p>
P079 ●	Elevación de corriente en arranque (sobre par) (%)	0-250 (0)	<p>En accionamientos con alto par de despegue es posible elevar adicionalmente la tensión ajustando una corriente de arranque en el margen 0-250% de la nominal del motor. Esta elevación solo actúa al arrancar por primera vez y hasta alcanzar la consigna de frecuencia.</p> <p>NOTA: esta elevación es aditiva a P078</p>

Parámetro	Función			Margen (ajuste Fab)	Descripción/observaciones
P081	Frecuencia motor (Hz)	nominal	del	0-650.00 (50.00)	Estos parámetros se ajustarán en función del motor utilizado. Los datos se tomarán de la placa características del motor NOTA: los ajustes de fábrica son diferentes para cada versión del convertidor
P082	Velocidad motor (rev/minuto)	nominal	del	0-9999	
P083	Corriente motor (A)	nominal	del	0.1-99.9	
P084	Tensión nominal del motor (V)			0-100	
P085 ●	Limitación de corriente en motor (%)			0-250 (150)	Este parámetro permite limitar la corriente en el motor para evitar su sobrecalentamiento. Cuando se alcanza el valor ajustado, la frecuencia de salida se reduce hasta que la corriente vuelva a bajar de dicho límite. Esta operación se señala porque parpadea el visualizador.
P087 ●	Activación del PTC del motor			0-1 (0)	0=no actúa 1=PTC externo activado NOTA: si P087=1 y hay nivel High en la entrada PTC se desconecta el convertidor (se visualiza el código de fallo F004). El relé solo se activa cuando ha sido ajustado para seleccionar fallo general (P061=6). Si P061=11, el relé señala alarma bien cuando este caliente el PTC incorporado (mide la temperatura en el disipador del convertidor) o cuando esta activado P074. En P931 se escribe el código de alarma 005 y parpadea el visualizador. En caso de calentamiento excesivo del PTC interno del convertidor, este se desconecta y se visualiza F005.
P088	Autocalibración			0-1 (0)	Para los cálculos dentro del convertidor se utiliza la resistencias del estator del motor. Cuando este parámetro se ajusta a "1" se calibra la resistencia del estator. Durante la próxima puesta en marcha del convertidor se mide automáticamente la resistencia del estator. El valor medio se memoriza en P089; seguidamente vuelve a ponerse a "0" P088.

P089 ●	Resistencia estator (Ω)	0.01-100.00	En lugar de utilizar P088, la resistencia del estator puede ajustarse a mano el valor a ajustar debe representar la resistencia entre dos fases.
P091 ●	Dirección (esclavo)	0-30 (0)	A una línea de comunicación serie es posible conectar hasta 31 convertidores controlados desde un computador o un PLC (autómata programable) por medio del protocolo USS. Este parámetro ajusta una dirección unívoca para el convertidor.
P092 ●	Velocidad de transmisión	3-7 (6)	Ajusta la velocidad de transmisión por el interfase serie RS485 (prot.USS): 3=1200 Baud 4=2400 Baud 5=4800Baud 6=9600 Baud 7=19200 Baud NOTA: algunos convertidores de RS232 a RS485 solo trabajan hasta 4800 Baud
Parámetro	Función	Margen (ajuste-Fab)	Descripción/Observaciones
P093 ●	Tiempo de ausencia de telegrama- Timeout- (segundos)	0-240 (0)	Aquí se especifica el intervalo máximo que puede transcurrir entre dos telegramas de datos. En caso de que el convertidor se controle o supervise vía el interfase serie, esta función sirve para desconectar el convertidor cuando se produzca una perturbación en la transmisión de datos. El tiempo comienza a medirse tras recibirse un telegrama válido. Si tras el tiempo ajustado no se recibe ningún otro telegrama de datos, el convertidor se desconecta y se visualiza el código de fallo F008. Si el parámetro se ajusta a cero (0), se inhibe esta función de vigilancia.
P094 ●	Consigna de frecuencia nominal para interfase serie (Hz)	0-650.00 (50.00)	Las transmisiones de consignas via a la interfase serie al convertidor se realiza en forma de porcentaje. El valor ajustado en este parámetro representa el 100% si P094=60 el convertidor recibe la instrucción de trabajar con 25%, entonces la frecuencia de salida vale 15Hz.
P095 ●	Compatibilidad USS	0-2 (0)	0=compatible con resolución 0.1Hz 1=desbloqueo de la resolución 0.01Hz 2=DPROC no está escalado pero representa la frecuencia real con una resolución de 0.01Hz
P101 ●	Funcionamiento conforme a standar Europa o USA	0-1 (0)	Este parámetro ajusta el convertidor para operar con la frecuencia de red y motor Europea o Americana 0=Europa (50HZ) 1=USA (60Hz)
P111	Potencia nominal (KW/HP)	0.0-50.00	Parámetro de solo lectura que informa sobre la potencia nominal, en KW, del convertidor. Ejemplo: 0.55=550W NOTA: en caso de P101=1, la potencia nominal se visualiza en caballos (HP)
P121	Bloqueo/desbloqueo tecla marcha	0-1 (0)	0=tecla marcha bloqueada 1=tecla marcha desbloqueada (efectivo si P007=1)
P122	Bloqueo/desbloqueo de la tecla horario/antihorario	0-1 (1)	0=tecla horario/antihorario. Bloqueada (efectivo si P007=0) 1=tecla horario/antihorario desbloqueada

P123	Bloqueo/desbloqueo de la tecla JOG (marcha impulsos)	0-1 (1)	0=tecla JOG bloqueada (efectivo si P007=0) 1=tecla JOG desbloqueada
P124	Bloqueo/desbloqueo de la tecla Δ	0-1 (1)	0=teclas Δ bloqueada (efectivo si P007=0) 1=teclas Δ desbloqueada NOTA: si este parámetro está ajustado a “0” esto solo afecta a la tecla “subir frecuencia”.
Parámetro	Función	Margen (ajuste-Fab)	Descripción/Observaciones
P131	Consigna de Frecuencia (Hz)	0.00-650.00 (-)	Parámetros que solo pueden leerse. Se trata de valores copiados de los almacenados en P001, pero a los que puede accederse directamente vía el enlace serie
P132	Corriente en motor (A)	0.0-99.9 (-)	
P133	Par en motor (%)	0-250 (-)	
P134	Tensión en circuito intermedio (V)	0-1000 (-)	
P135	Velocidad del motor	0-9999 (-)	
P910 ●	Modo local/remoto	0-3 (0)	Aquí se ajusta si el convertidor se manda de forma local o remota, es decir, a distancia, vía la línea de datos serie. 0=mando local 1=mando remoto (y ajuste de los valores de parámetros) 2=mando local (pero ajuste remoto de la frecuencia) 3=mando remoto (pero ajuste local de la frecuencia) NOTA: si el convertidor opera con mando a distancia (P910=1 o 3), la entrada analógica sigue activa si P006=1
P922	Versión Software	0-9999 (-)	Informa del número de la versión del software. No puede modificarse.
P923 ●	Número del convertidor/instalación	0-9999 (0)	Mediante este parámetro puede asignarse un número específico al convertidor. Este ajuste carece de efecto sobre el funcionamiento del mismo.
P930	Ultimo código de fallo	0-9999 (-)	Bajo este parámetro se memoriza el código de fallo último registrado este parámetro se borra cuando se rearma el convertidor.. Ver capítulo No. 9
P931	Tipo de alarma última	0-9999 (-)	Bajo este parámetro se memoriza la última alarma registrada hasta la desconexión del convertidor. 002=responde limitación de corriente 003=responde limitación de tensión 004=limite deslizamiento sobre pasado 005=sobre temperatura en motor
P944	Restablecimiento valores prefijados (ajustados en fábrica)	0-1 (0)	Si este parámetro se ajusta a “1” y se pulsa seguidamente P, entonces todos los parámetros, con excepción de P101, vuelven a ajustarse los valores prefijados o ajustados en fábrica.

FALLOS Y SU SEÑALIZACION

Cuando aparece un fallo, el convertidor se desconecta y en el visualizador se presenta su código asociado. El último fallo aparecido puede consultarse bajo el parámetro P930.

Ejemplo: “0004” muestra que el último fallo fue el F004

Código	Causa	Remedio
F001	Sobretensión	Controlar si la tensión de red está dentro de los límites especificados en la placa de características. Aumentar el tiempo de deceleración (P003) o colocar una resistencia de freno (opción). Controlar si la potencia de frenado necesaria está dentro de los límites especificados.
F002	Sobrecorriente	Controlar si la potencia del motor es adecuada para la potencia del convertidor. Comprobar la ausencia de cortocircuitos y defectos a tierra en el motor y en el cable de alimentación del mismo. Comprobar si los datos ajustados para el motor (P081-P086) son adecuados para el motor usado. Aumentar el tiempo de aceleración del motor (P002). Reducir la elevación (Boost) ajustada con P078 y P079.
F003	Sobrecarga	Controlar si el motor está bloqueado o sobrecargado. Controlar si el motor está sobrecargado. Elevar la frecuencia máxima si se utiliza un motor con gran deslizamiento.
F004	Sobretemperatura el motor (vigilancia por PTC)	Controlar si el motor está sobrecargado. Comprobar las conexiones al PTC (rotura de hilo). Controlar si P087 se a ajustado a “1” a pesar de no haber conectado un PTC.
F005	Sobretemperatura convertidor	Controlar si la temperatura ambiente no es excesiva. Controlar si no se impide la entrada y salida de aire en el equipo.
Código	Causa	Remedio
F006	Falta una fase de la alimentación (solamente unidades trifásicas)	Verificar la línea de alimentación. Corregir la falta.
F008	Protocolo UFF vigilancia de tiempo	Comprobar el interfase serie. Controlar los ajustes en el maestro del bus y P091-P093. Controlar si el tiempo de vigilancia es demasiado corto (P093)
F009	Tensión insuficiente	Comprobar la tensión de alimentación
F010	Error de inicialización	Comprobar todos los parámetros antes de desconectar la alimentación. Ajustar P009 a “0000”
F011	Error interfase interna	Desconectar y volver a conectar la alimentación al convertidor
F013	Error en programa	Desconectar y volver a conectar la alimentación al convertidor
F106	Error al parametrizar P006	Parametrizar entradas digitales para frecuencias prefijadas y/o para potenciómetro motorizado.
F112	Error al parametrizar P012	Ajustar P012<P013
F151-F154	Error al parametrizar entradas binarias	Modificar el ajuste de las entradas binarias, P052 a P055

Una vez eliminado el fallo puede rearmarse el convertidor; para ello pulsar dos (2) veces la tecla P (la primer para visualizar P000, y la segunda para acusar el fallo) o borrar el fallo vía una entrada binaria (ver parámetros P051 a P055).

DATOS TECNICOS E INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

DATOS TECNICOS

CONVERTIDORES MICROMASTER MONOFASICOS

Tipo de convertidor	MM25	MM37	MM55	MM75	MM110	MM150	MM220	
Margen tensión de entrada	1AC230V+/-15%							
Potencia nominal motor	250W	370W	550W	750W	1.1KW	1.5KW	2.2KW	
Potencia Perm convertidor	660VA	880VA	1.14KVA	1.5KVA	2.1KVA	2.8KVA	4.0KVA	
Corriente salida (normal)	1.5A	2.0A	2.6A	3.4A	4.8A	6.4A	9.0A	
Corriente salida (corriente perm. max)	1.6A	2.3A	3.3A	3.9A	5.5A	7.1A	10.4A	
Corriente entrada	3.0A	3.8A	5.5A	6.5A	14.0A	18.0A	20.0A	
Fusible recomendado de red	10A			15A	20A		25A	
Sección de cable recomendado (min)	Entrada	1,0mm ²		1,5mm ²		2.5 mm ²		
	Salida	1.0 mm ²		1.5 mm ²				
Dimensiones (mm)(AxAxP)	112x182x113					149x184x157		185x215x195
Peso	1.9kG					2.5KG		5KG

Fuente: Siemens PLC 1995

CONVERTIDOR MICROMASTER 230V TRIFASICOS

Tipo de convertidor	MM25/2	MM37/2	MM55/2	MM75/2	MM110/2	MM150/2	MM220/2	MM300/2
Margen tensión de entrada	3AC 230V +/- 15%							
Potencia nominal motor	250W	370W	550W	750W	1.1KW	1.5KW	22KW	3.0KW
Potencia perm convertidor	660VA	880VA	1.14KVA	1.5KVA	2.1KVA	2.8KVA	4KVA	5.2KVA
corriente salida (nominal)	1.5A	2.0A	2.6A	3.4A	4.8A	6.4A	9A	11.8A
Corriente salida (corriente perm max)	1.6A	2.3A	3.3A	3.9A	5.5A	7.1A	10.4A	12.9A
Corriente entrada	2.1A	3.0A	4.2A	5A	7.A	9.5A	12A	14.5A
Fusible recomendado de red	10A		16A			20A		
Sección de cable recomendado (minimo)	Entrada	1.0mm ²		1.5 mm ²			2.5 mm ²	
	Salida	1.0 mm ²		1.5 mm ²			2.5 mm ²	
Dimensiones (mm)(AxAxP)	12x182x113				149x184x142		185x215x162	
Peso	1.8KG 4.5KG				2.4KG			

CONVERTIDORES MICROMASTER 400V A 500V TRIFASICOS

Tipo de convertidor		MM150/3	MM220/3	MM300/3	MM400/3	MM550/3
Margen tensión de entrada		3AC 400V -500V +/- 12%				
Potencia Nominal Motor		1.5KW	2.2KW	3.0KW	4KW	5.5KW
Potencia perm convertidor		2.8KVA	4KVA	5.2KVA	7KVA	9.0KVA
Corriente salida (nominal)		3.7A	5.2A	6.8A	9.2A	11.8A
Corriente salida (corriente perm max)		4A	5.9A	7.7A	10.2A	13.2A
Corriente entrada		5.5A	7.5A	10A	12.5A	16.0A
Fusible recomendado de red		10A		16A		20A
Sección de cable recomendado (min)	Entrada	1.0mm ²		1.5mm ²		2.5mm ²
	Salida			1.0mm ²		1.5mm ²

Dimensiones (mm)(AxAxP)	185mmx215mmx195mm
Peso	5KG

Fuente: Siemens PLC 1995

NOTA: Motor Siemens de 4 polos, serie 1LA5 o similar.

Frecuencia de la red	47Hz a 63Hz
Factor de Potencia:	$\lambda \geq 0.7$
Margen de Frecuencia de Salida	0 Hz a 650Hz
Resolución	0.01 Hz
Capacidad de Sobrecarga	150% durante 60 segundos
Medidas de Protección contra:	Sobre temperatura del convertidor Sobret temperatura del motor Sobretensión y tensión insuficiente
Otras medidas de Protección	Protección contra corto circuitos y defectos a tierra, protección contra desenganche del motor, compensación automática de fluctuaciones en la red.
Modo de Operación	Posible en cuatro (4) cuadrantes
Tipo de Control (mando y regulación):	FCC (regulación de corriente de campo), característica U/f
Entrada de consigna analógica	0-10V/2-10V (potenciómetro recomendado 4.7K Ω).

	0-20mA/4-20mA
Resolución de Consigna Analógica	10 bits
Constancia de Consigna	Analógica < 1%
Constancia de Consigan	Digital < 0.02%
Vigilancia Temperatura Motor	Mediante termistor PTC, vigilancia $I^2 t$
Tiempo de Rampa	0-650 segundos
Relés de Salida	2 relés 240V AC/1A; 24V DC/2A.
	PRECAUCION: Cargas inductivas externas deben ser suprimidas de una forma apropiada.
Interface de Comunicación	RS485
Rendimiento del convertidor	97%
Temperatura Ambiente	0 ⁰ C a + 40 ⁰ C (sin tapa hasta 50 ⁰ C)
Temperatura Máxima del Disipador	65 ⁰ C
Tipo de Refrigeración	Natural o por ventilador, según potencial nominal
Humedad Relativa del Aire	90% sin condensaciones
Altura de Montaje Sobre el Nivel del Mar	1000m
Grado de Protección	NEMA1 (IP21)(National Electrical Manufacturers Association)

OPCIONES/ACCESORIOS

Resistencia de frenos Micromaster

Filtro antiparasitario

Panel de Mando con visualizador de mensajes

EJEMPLO DE APLICACION

Adaptación para una aplicación simple:

Motor	220V. Potencia en el eje 1.5KW
Se requiere:	Especificación de consigna via potenciómetro, 0-50Hz. Aceleración de 0 a 50Hz en 15 segundos. Deceleración de 50 a 0Hz en 20 segundos
Convertidor utilizado	MM150 (8SE 3116-88840)
Ajustes	P009=2 (Pueden modificarse todos los parámetros). P081-P085=valores según placa de características del motor. P006=1 (entrada analógica). P002=15 (tiempo de aceleración). P003=20 (tiempo de deceleración).

Ahora tiene que modificarse esta aplicación de la forma siguiente:

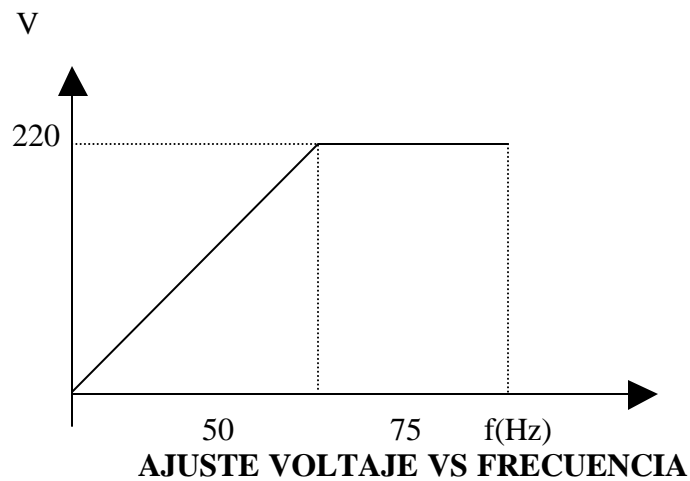
Explotación del motor hasta 75Hz.

(característica U/f lineal hasta 50Hz).

Consigna de potenciómetro motorizado.

Aditiva a la consigna por señal analógica.

Actuación de la consigna analógica con máx 10Hz.



Ajuste de Parámetros P009=2 (pueden modificarse todos los parámetros)

 P013=75 (frecuencia máxima del motor en Hz)

 P006=2 (consigna via potenciómetro motorizado o valor prefijado)

 P024=1 (se añade consigna por señal analógica)

 P022=10 (señal analógica de consigna máx. a 10V=10Hz)

TERMINOS TECNICOS

4 Cuadrantes	Un motor se dice que opera en 4 cuadrantes cuando acciona y frena en ambos sentidos de giro.
Baud	Unidad de medida para la velocidad de transmisión de datos que lleva el nombre de Jean Baudot. Un Baud o Baudio corresponde a un bit por segundo (bips).
CPU	Abreviatura de Central Processing Unit (unidad de procesamiento central).
FCC	Fax Current Control (control por corriente de campo), para lograr un rendimiento optimo del motor y una gran respuesta dinámica.
Información de Estado	Identificación de un estado en procesamiento de datos.
Interface	Dispositivo para comunicar un microcomputador con otros equipos.
NEMA	Abreviatura de National Electrical Manufacturers Association.
PLC	Abreviatura de Programmable Logic Controller (autómata programable).
Protocolo USS	Protocolo universal para interface serie.
PTC	Abreviatura de Positive Temperature Coefficient. Una resistencia cuyo valor ohmico crece a medida que aumenta la temperatura (termistor).
PWM	Pulse Width Modulation, modulación por ancho de impulsos.
RS485	Recommended Standad. Norma recomendada para interfaces de computadores.

LISTA RESUMEN DE PARAMETROS

- = Este parámetro puede modificarse durante el funcionamiento

*** = Los valores ajustados en fábrica dependen de los datos nominales del convertidor.

Parámetro	Función	Margen (Ajuste Fab)
P000	Visualización del estado	-
P001 •	Selección del valor a visualizar.	0-6 (0)
P002 •	Tiempo de aceleración (segundos).	0-650.0 (10.0)
P003 •	Tiempo deceleración (segundos).	0-650.0 (10.0)
P004 •	Redondeo de rampa (segundos).	0-40.0 (0.0)
P005 •	Consigna de frecuencia digital (Hz).	0-650.00 (0.00)
P006	Tipo de consigna de frecuencia.	0-2 (0)
P007	Bloqueo/desbloqueo teclas panel y mando.	0-1 (1)
P009	Parámetros protegidos.	0-3 (0)
P011	Memoria no volátil de la constante de frecuencia.	0-1 (0)
P012 •	Frecuencia mínima del motor (Hz).	0-650.00 (0.00)
P013 •	Frecuencia máxima del motor (Hz).	0-650.00 (50.00)
P014 •	Frecuencia inhibida 1 (Hz).	0-650.00 (0.00)
P015 •	Rearranque automático.	0-1 (0)

Parámetro	Función	Margen (Ajuste Fab)
P016 •	Rearranque volante.	0-2 (0)
P017	Modo de redondeo de rampa.	0-1 (0)
P018	Rearranque automático tras fallo	0-1 (0)
P021 •	Frecuencia mínima analógica (Hz).	0-650.00 (0.00)
P022 •	Frecuencia máxima analógica (Hz).	0-650.00 (50.00)
P023 •	Tipo de entrada analógica.	0-2 (0)
P024 •	Adición de consigna analógica	0-1 (0)
P025•	Salida analógica.	0-105 (0)
P031 •	Frec. P. marcha por imp. horario (Hz).	0-650.00 (5.00)
P032 •	Frec. P. marcha por imp. antihorario (Hz).	0-650.00 (5.00)
P033 •	Tiempo de acel. para M por imp. (seg).	0-650.0 (10.0)
P034 •	Tiempo de decel. para M por imp. (seg).	0-650.0 (10.0)
P041 •	Primera frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (5.00)
P042 •	Segunda frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (10.00)
P043 •	Tercera frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (20.00)
P044 •	Cuarta frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (40.00)
P045	Inversión consignas fijas para frecuencia prefijada.	0-7 (0)
P046 •	Quinta frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (0.00)
P047 •	Sexta frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (0.00)
Parámetro	Función	Margen (Ajuste Fab)

P048 •	Séptima frecuencia prefijada (Hz).	0-650.00 (0.00)
P049 •	Octava frecuencia Prefijada (Hz).	0-650.00 (0.00)
P050	Inversión consignas fijas para frecuencia prefijada.	0-7 (0)
P051	Selección función de mando, DIN1 (borne 8).	0-17 (1)
P052	Selección función de mando DIN2 (borne 9), frecuencia Prefj4	0-17 (2)
P053	Selección función de mando DIN3 (borne 10), frec. prefj 3	0-17 (6)
P054	Selección función de mando DIN 4 (borne 11), frec. prefj 2	0-17 (6)
P055	Selección función de mando DIN 5 (borne 12), frec. prefj 1	0-17 (6)
P056	Tiempo de supresión de rebote en entradas digitales.	0-2 (0)
P061	Selección relé de salida RL1	0-11 (6)
P062	Selección relé de salida RL2	0-11 (8)
P063	Retardo de habilitación de freno externo (seg).	0-20.0 (1.0)
P064	Tiempo de paro con freno externo (seg).	0-20.0 (1.0)
P065	Umbral de corriente para señalización por relé (A)	0-99.9 (1.0)
P071 •	Compensación de deslizamiento (%).	0-200 (0)
P072 •	Limitación de deslizamiento (%).	0-500 (250)
P073 •	Frenado por inyección de CC (%).	0-250 (0)
P074 •	Curva de reduc. de potencia en motor como prot. de sobretemp.	0-3 (0)
P075 •	Resistencia de freno Ω .	0/50-150 (0)
P076 •	Frecuencia de pulsación.	0-10 (0)
Parámetro	Función	Margen

		(Ajuste Fab)
P077	Modo de control	0-2 (1)
P078 •	Elevación perm. de corriente (%).	0-250 (100)
P079 •	Elevación de corr. en arranque (%).	0-250 (0)
P081	Frecuencia nom. del motor (Hz).	0-650.00 (50.00)
P082	Velocidad del motor (rev/min).	0-9999 (***)
P083	Corriente nom. del motor (A).	0.1-99.9 (***)
P084	Tensión nom. del motor (V).	0-1000 (***)
P085	Potencia nom. del motor (KW).	0-50.0 (***)
P086 •	Limitación de corriente en motor (%).	0-250 (150)
P087 •	Activación de PTC en motor.	0-1 (0)
P088	Autocalibración.	0-1 (0)
P089 •	Resistencia estator (Ω).	0.01-100.00 (***)
P091 •	Dirección (esclavo).	0-30 (0)
P092 •	Velocidad de transmisión.	3-7 (6)
P093 •	Tiempo de ausencia de telegrama Time Out (seg).	0-240 (0)
P094 •	Consigna de frecuencia nom. para interface serie (Hz).	0-650.00 (50.00)
P095 •	Compatibilidad USS.	0-2 (0)
P101 •	Funcionamiento conforme a standar Europa o USA.	0-1 (0)
P111	Potencia nominal (KW/HP).	0.0-50.00 (***)
P121	Bloqueo/desbloqueo tecla marcha	0-1 (0)
P122	Bloqueo/desbloqueo tecla HORAIO/ANTIHORARIO	0-1 (0)

P123	Bloqueo/desbloqueo tecla JOG	0-1 (0)
P124	Bloqueo/desbloqueo tecla Δ.	0-1 (0)
P131	Consigna frecuencia (Hz).	0.00-650.00 (-)
P132	Corriente en motor (A).	0.0-99.9 (-)
P133	Par en motor (%).	0-250 (-)
P134	Tensión en circuito intermedio (V).	0-1000 (-)
P135	Velocidad en motor (%).	0-9999 (-)
P910 •	Mando local/remoto.	0-3 (0)
P922	Versión Software.	0-9999 (-0)
P923 •	Número del convertidor/instalación.	0-9999 (0)
P930	Ultimo código de fallo.	0-9999 (-)
P931	Tipo de alarma última.	0-9999 (-)
P944	Restablecimiento valores prefijados (ajustados en fábrica).	0-1 (0)